



华章教育

计 算 机 科 学 丛 书

原书第2版

大数据时代掌握Scala编程的基础知识和核心技术的最佳入门指南

程序设计大师Bruce Eckel继《Java编程思想》之后最新力作

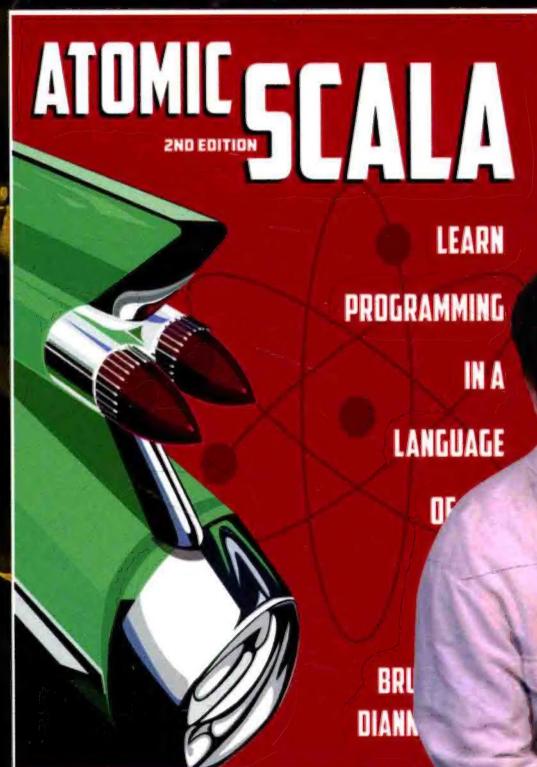
# Scala编程思想

[美] 布鲁斯·埃克尔 (Bruce Eckel) 戴安娜·马什 (Dianne Marsh) 著

陈昊鹏 译

Atomic Scala

Learn Programming in a Language of the Future Second Edition



机械工业出版社  
China Machine Press

# Scala编程思想 原书第2版

Atomic Scala Learn Programming in a Language of the Future Second Edition

## Scala：写给未来的代码

多核时代，Scala已成为最主流的大数据处理编程语言之一。Scala相信程序员的智慧，赋予他们选择工具和优化结构的自由，从容应对千变万化的技术需求。

## Bruce Eckel：续写编程经典

大师视野，深入浅出，一脉相承，举重若轻。带你轻松掌握Scala语言的基础概念和核心技术，是学习Scala编程的最佳入门宝典。

## 原子：厚积薄发的力量

- 从Scala中提炼出的一个可运行的核心功能子集，形成众多短小精悍的“原子”，再辅以练习和解答，使整个阅读过程成为带有许多检查点的渐进式学习体验。
- 本书原则：积跬步以至千里，无任何前向引用，无任何对其他语言的引用，事实胜于雄辩，实践出真知。
- 书中包含的只是编程和Scala的基础知识，未涉及高级特性（如函数式编程）。我们的目的不是在Scala庞大的知识体系中囫囵吞枣，而是在踏上更高级的编程之路时祝你一臂之力。

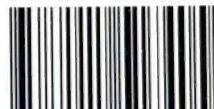
## 技术和资源支持

- 针对Windows、Mac和Linux的安装和入门指南。
- 专为本书构建的AtomicTest测试系统。
- 访问[www.AtomicScala.com](http://www.AtomicScala.com)免费下载代码示例和习题解答。



上架指导：计算机\程序设计

ISBN 978-7-111-51740-5



9 787111 517405

定价：69.00元

投稿热线：(010) 88379604

客服热线：(010) 88378991 88361066

购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

华章网站：[www.hzbook.com](http://www.hzbook.com)

网上购书：[www.china-pub.com](http://www.china-pub.com)

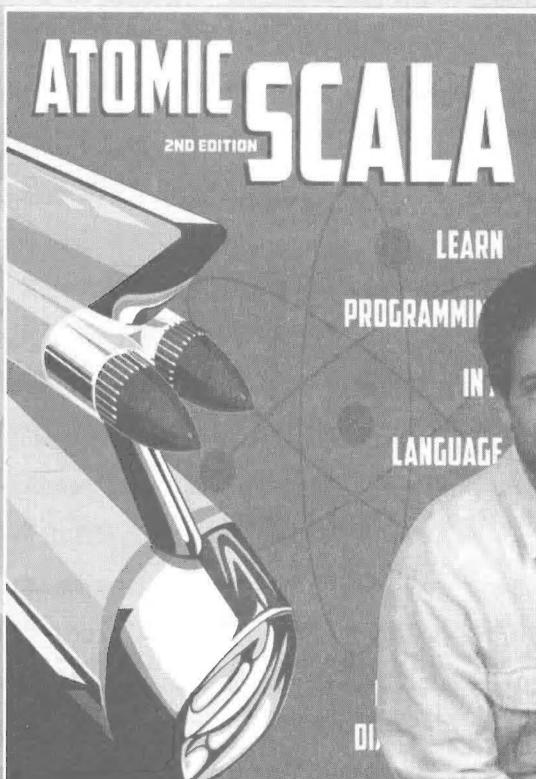
数字阅读：[www.hzmedia.com.cn](http://www.hzmedia.com.cn)

# Scala编程思想

[美] 布鲁斯·埃克尔 (Bruce Eckel) 戴安娜·马什 (Dianne Marsh) 著  
陈昊鹏 译

## Atomic Scala

Learn Programming in a Language of the Future Second Edition



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

Scala 编程思想 (原书第 2 版) / (美) 埃克尔 (Eckel, B.), (美) 马什 (Marsh, D.) 著; 陈昊鹏译. 一北京: 机械工业出版社, 2015.9  
(计算机科学丛书)

书名原文: Atomic Scala: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

ISBN 978-7-111-51740-5

I. S… II. ① 埃… ② 马… ③ 陈… III. JAVA 语言 – 程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 239713 号

本书版权登记号: 图字: 01-2015-0846

Authorized translation from the English language edition entitled Atomic Scala: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition (ISBN 978-0-9818725-1-3) by Bruce Eckel and Dianne Marsh. Copyright © 2015, MindView LLC.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2015 by China Machine Press. All rights reserved.

此版本仅限在中华人民共和国境内 (不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾) 销售。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

本书介绍 Scala 的基础特性, 采用短小精悍的“原子”解构 Scala 语言的元素和方法。一个“原子”即为一个小型知识点, 通过代码示例引导读者逐步领悟 Scala 的要义, 结合练习鼓励读者在实践中读懂并写出地道的 Scala 代码。访问 [www.AtomicScala.com](http://www.AtomicScala.com) 可下载练习解答和代码示例, 还可了解本书英文版的最新动态。

本书无需编程背景知识, 适合 Scala 初学者阅读。同时, 本书也为有经验的程序员提供了“快车道”, 共同探索编程语言未来的模样。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 曲 烟

责任校对: 董纪丽

印 刷: 北京诚信伟业印刷有限公司

版 次: 2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm×260mm 1/16

印 张: 20

书 号: ISBN 978-7-111-51740-5

定 价: 69.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: [hzjsj@hzbook.com](mailto:hzjsj@hzbook.com)

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

文艺复兴以来，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的优势，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭示了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起到积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自 1998 年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与 Pearson, McGraw-Hill, Elsevier, MIT, John Wiley & Sons, Cengage 等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从他们现有的数百种教材中甄选出 Andrew S. Tanenbaum, Bjarne Stroustrup, Brian W. Kernighan, Dennis Ritchie, Jim Gray, Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, Abraham Silberschatz, William Stallings, Donald E. Knuth, John L. Hennessy, Larry L. Peterson 等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及珍藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力相助，国内的专家

不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专门为本书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近两百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也被越来越多实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着计算机科学与技术专业学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都将步入一个新的阶段，我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方法如下：

华章网站：[www.hzbook.com](http://www.hzbook.com)

电子邮件：[hzjsj@hzbook.com](mailto:hzjsj@hzbook.com)

联系电话：(010) 88379604

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



华章科技图书出版中心

Java、C#、C++ 等编程语言当今仍然占据着绝对优势的市场份额，但是求知欲和探索欲驱使人们不断思考未来的语言应该是什么样的。人们给出了很多答案，Scala 就是其中之一。很多人都听说过 Scala 代码比 Java 代码更简洁且更灵活，甚至有些 Scala 程序员宣称：“完成相同的功能，我写的 Scala 程序只有你写的 Java 程序的三分之一的代码量。”对此，人们在惊讶之余非常想亲眼看看 Scala 到底多么神奇。

本书是了解 Scala 基础特性的绝佳入门读本，内容结构和文字风格简洁流畅，既适合毫无背景的初学者，又适合经验丰富的程序员，是以 Scala 的特点编写的介绍 Scala 语言的优秀著作。本书配套网站 ([www.AtomicScala.com](http://www.AtomicScala.com)) 还提供了大量实用材料，包括练习解答和相关活动信息。

Scala 语言本身博大精深，作为初级读本，本书只涵盖了基础特性，并未涉及高级特性（例如函数式编程等内容）。即便如此，读者也能在阅读本书后顺利开启面向对象编程之旅，并且为了解 Scala 的高级特性做好准备。

在翻译本书时，译者尽力做到在确保准确的情况下使译文更加流畅且更符合中文表达习惯，但由于水平有限，离“信达雅”的标准可能还有差距，欢迎读者批评指正。

陈昊鹏

2015 年 8 月

## ✿ 前言

这应该是你的第一本有关 Scala 的书，而不是最后一本。我们呈现的内容将足以使你熟知这门语言并感到得心应手——你将掌握这门语言，但还不足以成为专家。通过阅读本书，你将编写出有用的 Scala 代码，但是不必追求读懂碰到的所有 Scala 代码。

读完本书后，你就可以阅读更加复杂的 Scala 书籍了，在本书的末尾我们推荐了几本。

这是一本为新手准备的专用书籍。之所以称为“新手”，是因为本书并不要求你之前具备编程知识，而“专用”是因为书中包含丰富的内容，足够自学成才。我们给出了有关编程和 Scala 的基础知识，但是并没有用这门语言博大精深的完整知识体系来淹没你。

属于初学者的程序员应该将其看作一个游戏：你可以通关，但是需要一路解决多个难题。有经验的程序员能够快速阅读本书，并且发现需要慢下来留心阅读的地方。

### 原子概念

所有编程语言都是由各种特性构成的，运用这些特性可以产生运行结果。Scala 非常强大：它不仅有更多特性，而且可以通过大量不同的方式来表示这些特性。如果我们将这些特性和表示方式一股脑地抛给你，你肯定会觉得 Scala “过于复杂”，从而放弃学习。

然而不必如此。

如果了解这些特性，那么你就可以阅读任何 Scala 代码，并且梳理出其中的含义。事实上，对于一整页的 Scala 代码，如果用其他语言编写具有相同效果的代码则需要许多页，因而理解 Scala 代码显得更容易，因为只需“一页”

就可以看到所有代码。

为了避免揠苗助长，我们会遵循下面的原则循循善诱地教授这门语言：

1. **积跬步以至千里。**我们抛弃了将每一章都编写成长篇大论的做法，取得代之的是将每一步都表示成“原子性”概念，或者简称“原子”，它们看起来就像微缩的章。典型的原子包括一个或多个可运行的小型代码段以及它们产生的输出。我们将描述哪些特性是 Scala 的创新和独到之处，并且努力做到每个原子只表示一个新概念。

2. **无任何前向引用。**对作者而言，这种描述方式很有用：“这些特性将在后续章节中进行阐述。”这会使读者发懵，所以我们不会这么做。

3. **无任何对其他语言的引用。**我们几乎从来不引用其他语言（只在绝对必要时才引用）。我们不知道你已经掌握了哪些语言（如果有的话），如果我们用某种你不理解的语言的某个特性来进行类比，那么肯定会挫伤你的积极性。

4. **事实胜于雄辩。**与纯粹用文字来描述特性不同的是，我们更喜欢用示例和输出来说明特性。通过阅读代码来了解特性显然更好。

5. **实践出真知。**我们设法首先展示语言的机制，然后再解释为什么会有这些特性。这种做法似乎落后于“传统”教学方式，但往往更有效。

我们努力工作以期创造最好的学习体验，但是仍然要提醒你：为了易于理解，我们偶尔会过度简化或抽象某个概念，而你之后可能会发现这个概念不完全正确。我们并非经常这么做，凡是这么做都是经过深思熟虑的。我们相信这样做有助于使现在的学习更轻松，并且一旦你了解了详情，就会适应这种方式。

## 交叉引用

当我们引用本书中的另一个原子时，会为该原子加上底纹，例如，欢迎阅读原子类和对象。

## 如何使用本书

本书的读者对象既包括编程初学者，也包括已经学会使用其他语言编程的程序员。

**初学者。**从前言开始，像读其他书一样顺序阅读每个原子，包括“总结”原子，总结内容有助于巩固所学知识。

**有经验的程序员。**因为你已经理解了编程的基础知识，所以我们为你准备了“快车道”：

1. 阅读前言。
2. 按照相应原子中介绍的方式在你的平台上安装必要的软件。我们假设你已经安装过某种程序编辑器，并且会使用 shell，否则，请阅读编辑器和 shell。
3. 阅读运行 Scala 和编写脚本。
4. 跳到总结 1，阅读其内容并解答其中的练习。
5. 跳到总结 2，阅读其内容并解答其中的练习。
6. 至此，从模式匹配开始，继续按照正常方式通读本书。

## 第 2 版中的修订

第 2 版中的修订大多是源于 bug 报告的小修改和订正，以及针对 Scala 2.11 版本而做的必要更新。另外还对相当数量的拖沓冗长的行文进行了精简。如果你买过第 1 版的电子书，那么将会自动获得第 2 版的更新。如果你买过第 1 版的纸质书，那么可以在 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 网站上找到第 2 版中的所有修订。

## 本书样章

为了更好地介绍本书并引领你进入 Scala 的世界，我们发布了免费的电子版样章，你可以在 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 上找到。我们尽力让样章足够长，使得它自身就非常有用。

无论是纸质版还是电子版，本书完整版都是需要付费的。如果你喜欢免费样章中所呈现的内容，那么请支持我们，通过付费帮助我们继续完成更多工作。我们希望本书对你有所帮助，并且非常感激你的资助。

在互联网时代，控制任何信息看似都是绝无可能的。你也许能够在许多地方找到本书的完整电子版，如果你此刻无力支付，因而从某个网站上下载了它，那么就请你“将知识传播出去”。例如，在你学会 Scala 之后帮助他人学习 Scala，或者只是以急他人所急的方式帮助他们。也许在未来的某天，风光起来的你会乐于慷慨解囊。

## 示例代码和练习解答

这些都可以在 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 下载。

## 咨询

Bruce Eckel 认为咨询要想上境界，其基础是理解团队或组织的特定需求

和能力，并基于这种理解发现能够以最佳方式将你扶上马走一程的工具和技术。这包括在多个领域内的指导和协助：帮助你分析计划、评估能力和风险、辅助设计、工具评估和选择、语言培训、项目引导研讨会、开发过程中的指导性访问、指导性的代码走查，以及特定主题的研究和现场培训。要想了解 Bruce 是否能够为你的需求提供合适的咨询服务，请通过 [MindviewInc@gmail.com](mailto:MindviewInc@gmail.com) 联系他。

## 会议

Bruce 组织了一个空间开放的会议 Java Posse Roundup( 现已成为一个冬季技术论坛，[www.WinterTechForum.com](http://www.WinterTechForum.com) )，以及另一个针对 Scala 的同样秉承空间开放原则的会议 Scala Summit([www.ScalaSummit.com](http://www.ScalaSummit.com))。Dianne 组织了 Ann Arbor Scala Enthusiasts group，同时她还是 CodeMash 的组织者之一。加入 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 邮件列表，就会收到我们的活动和演讲通知。

## 支持我们

撰写本书及其各类辅助材料可是一个大项目，这花费了我们大量的时间和精力。如果你喜欢本书，并且想看到更多类似的精品，那么就请支持我们吧：

- ※ 写博客或发 tweet 等，并转发给你的好友。这是一种草根式的拓展市场行为，因此你所做的任何事都会有助于本书的推广。
- ※ 在 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 购买本书的电子版或纸质版。
- ※ 在 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 浏览其他辅助产品或 App。

## 关于我们

Bruce Eckel 是获得多项大奖的《Thinking in Java》和《Thinking in C++》的作者，他还创作过大量有关计算机编程的其他书籍。他在计算机产业界已经耕耘了 30 余载，不断地经历着这样的循环：感到挫败，尝试退出，然后诸如 Scala 这样的新生事物产生，带来新的希望，又将他拉回老本行。他在世界各地做了成百上千场报告，并且乐于参加像冬季技术论坛和 Scala Summit 之类的各种会议和活动。Bruce 住在科罗拉多州的 Crested Butte，他经常在当地社区剧院中表演。尽管他此生可能最多也就是个中级滑雪健将或山地车手，但是他认为这些活动和画抽象画一样，都是人生中不可或缺的部分。Bruce 拥有应用物理专业的学士学位以及计算机工程专业的硕士学位。他目前正在学习组

织动力学，以期找到组织公司的新方式，使一起工作变成一种乐趣。你可以在 [www.reinventing-business.com](http://www.reinventing-business.com) 上阅读他在组织方面的奋斗事迹，而他在编程方面的工作可以在 [www.mindviewinc.com](http://www.mindviewinc.com) 上找到。

Dianne Marsh 是 Netflix 云工具工程部门 (Engineering for Cloud Tools) 的主管。她是 SRT Solutions 的创始人之一，这是一家客户软件开发公司，在 2013 年被出售之前，公司一直由她负责运营。她的专长是编程和技术，包括制造、基因组学决策支持和实时处理应用系统。Dianne 在职业生涯伊始使用的是 C，后来喜欢的语言包括 C++、Java 和 C#，目前她非常喜欢 Scala。Dianne 协助组织了 CodeMash ([www.codemash.org](http://www.codemash.org))，这是一个全部由志愿者构成的开发者大会，使用各种语言的开发者齐聚一堂并彼此学习。她还是 Ann Arbor Hands-On Museum 的董事会成员。她积极参加本地用户组，并且主持着其中的好几个。她在密歇根技术大学 (Michigan Technological University) 获得计算机科学硕士学位。Dianne 嫁给了她最好的朋友，养育了两个可爱的孩子。就是她说服了 Bruce 撰写本书。

## 致谢

我们感谢 Programming Summer Camp 2011 的参与者对本书的早期评论和参与，特别感谢 Steve Harley、Alf Kristian Stoyle、Andrew Harmel-Law、Al Gorup、Joel Neely 和 James Ward，他们都慷慨地奉献了自己的时间和评论。还要感谢许多对本书 Google Docs 格式进行评阅的人。

Bruce 要感谢 Josh Suereth 为本书提供的所有技术帮助。还要感谢 Crested Butte 的 Rumors Coffee and Tea House 和 Townie Books，他在撰写本书时在这两家店里花了不少时间。还有 Bliss Chiropractic 的 Mimi 和 Jay，在写作过程中，他们总是定期帮他把事情都理顺。

Dianne 要感谢她在 SRT 的业务搭档 Bill Wagner，以及 SRT Solutions 的雇员，因为她占用了他们工作之外的时间。她还要感谢 Bruce，因为他同意与她一起撰写本书，并在此过程中一直对她不离不弃，尽管他肯定已经因她所犯的被动语态和标点符号错误而身心俱疲。她还要特别感谢丈夫 Tom Sosnowski，感谢他在写作过程中给予的宽容和鼓励。

最后，感谢 Bill Venners 和 Dick Wall，他们的“通向 Scala 的天梯” (Stairway to Scala) 课程帮助我们巩固了对这门语言的理解。

## 题献

献给 Julianna 和 Benjamin Sosnowski。你们无与伦比。

## 版权

本书所有版权归其各自持有者所有。



## 目录

### 出版者的话

### 译者序

### 前言

编辑器	1	测试	65
shell	2	域	70
安装 (Windows)	5	for 循环	72
安装 (Mac)	9	Vector	75
安装 (Linux)	13	更多的条件表达式	79
运行 Scala	19	总结 2	82
注释	20	模式匹配	91
编写脚本	21	类参数	94
值	22	具名参数和缺省参数	98
数据类型	24	重载	101
变量	27	构造器	104
表达式	29	辅助构造器	108
条件表达式	31	类的练习	110
计算顺序	34	case 类	112
组合表达式	37	字符串插值	115
总结 1	41	参数化类型	117
方法	45	作为对象的函数	120
类和对象	50	map 和 reduce	125
ScalaDoc	54	推导	128
创建类	55	基于类型的模式匹配	133
类中的方法	58	基于 case 类的模式匹配	136
导入和包	61	简洁性	139

风格拾遗	144	列表和递归	223
地道的 Scala	147	将序列与 <code>zip</code> 相结合	226
定义操作符	148	集	229
自动字符串转换	151	映射表	232
元组	153	引用和可修改性	235
伴随对象	157	使用元组的模式匹配	238
继承	163	用异常进行错误处理	242
基类初始化	166	构造器和异常	247
覆盖方法	170	用 <code>Either</code> 进行错误报告	250
枚举	173	用 <code>Option</code> 对“非任何值”	
抽象类	176	进行处理	255
特征	179	用 <code>Try</code> 来转换异常	261
统一访问方式和 <code>setter</code>	185	定制错误报告机制	269
衔接 Java	187	按契约设计	276
应用	190	记日志	279
浅尝反射	192	扩展方法	282
多态	194	使用类型类的可扩展系统	285
组合	200	接下来如何深入学习	290
使用特征	206		
标记特征和 <code>case</code> 对象	209	附录 A <code>AtomicTest</code>	291
类型参数限制	211	附录 B 从 Java 中调用	
使用特征构建系统	214	Scala	293
序列	219	索引	295

## 编辑器

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

要想安装 Scala，你可能需要对系统配置文件做些修改，而这就需要称为编辑器的程序。你还需要用编辑器来创建 Scala 程序文件，即本书中所展示的代码清单。

编程用的编辑器从集成开发环境（IDE，例如 Eclipse 和 IntelliJ IDEA）到单机程序，种类繁多。如果已经装有 IDE，那么就用它来编写 Scala 吧。但是我们对保持简洁情有独钟，因此在研讨会和展示会上使用的都是 Sublime Text 编辑器，你可以在 [www.sublimetext.com](http://www.sublimetext.com) 找到它。

Sublime Text 在所有平台（Windows、Mac 和 Linux）上都可以运行，并且拥有内置的 Scala 模式，当你打开 Scala 文件时，就会自动调用该模式。它并非重型 IDE，因此不会因功能太多而适得其反，这对我们的目标而言再理想不过了。另一方面，它有一些非常方便的编辑特性，你肯定会喜欢的。可以访问它的网站了解更多细节。

尽管 Sublime Text 是商业软件，但是只要你喜欢，还是可以免费使用（你可能会周期性地碰到请你去注册的弹出窗口，但是这并不妨碍继续使用）。如果你像我们一样，那么你很快就会决定（在经济上）支持他们一下。

还有许多其他的编辑器，它们自身显得小众一些，人们甚至会对它们的优缺点进行激烈争论。如果你发现自己更喜欢某款编辑器，那么改用这款编辑器也不会太困难。重要的是选择一款编辑器，并且用得顺手。



ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

如果你之前没有编程经历，那么可能从来没用过操作系统上的 shell（在 Windows 中称为命令行）。shell 回溯到了计算早期的年代，那时做任何事都是通过键入命令实现的，而计算机也是通过打印响应来应答的——所有东西都是基于文本的。

尽管在图形化用户界面的年代它看起来可能显得很原始，但是使用 shell 仍可完成数量惊人的很有价值的工作，我们将经常使用它，既作为安装过程的一部分，又用来运行 Scala 程序。

## 启动 shell

**Mac:** 点击 Spotlight（在屏幕右上角的放大镜图标），然后键入“terminal”。点击看起来像一个小电视屏幕的应用（或敲击“Return”键），这样就会在你的主目录中启动一个 shell。

**Windows:** 首先启动 Windows 资源管理器，然后导航到你的目录下。在 Windows 7 中，点击屏幕左下角的“开始”按钮，在开始菜单的搜索框区域内键入“explorer”，然后按下“Enter”键。在 Windows 8 中，按下 Windows+Q，键入“explorer”，然后按下“Enter”键。

一旦 Windows 资源管理器开始运行，就可以通过鼠标双击计算机上的文件夹导航到所需的目录。现在，点击资源管理器窗口顶部的地址栏，键入“powershell”，并按下“Enter”键。这将在目标目录中打开一个 shell（如果 Powershell 没有启动，请访问 Microsoft 的网站，从那里下载并安装它）。

为了在 Powershell 中执行脚本（这是测试本书示例时必须做的），你必须首先修改 Powershell 的执行策略。

在 Windows 7 中，转到“控制面板”…“系统与安全”…“管理工具”，右击“Windows Powershell Modules”，并选择“以管理员身份运行”。

在 Windows 8 中，使用 Windows+W 键进入“设置”，选择“应用”，然后在编辑框中键入“power”，点击“Windows Powershell”，然后选择“以管理

员身份运行”。

在 Powershell 提示符处运行下面的命令：

```
Set-ExecutionPolicy RemoteSigned
```

如果出现确认提示，那么通过键入表示“是”的“Y”来确认你想要修改执行策略。

从现在开始，在任何新打开的 Powershell 中，都可以通过在 Powershell 提示符处键入 . 以及后面跟着的文件名来运行 Powershell 脚本（就是以 .ps1 结尾的文件）。

**Linux**：按下 ALT-F2，在弹出的对话框中，键入“gnome-terminal”，然后按“Return”。这将在主目录中打开一个 shell。

## 目录

目录是 shell 的基本元素之一，用来存放文件以及其他目录。你可以把目录看作带有分支的树。如果 books 是系统中的一个目录，并且有两个作为分支的其他目录，例如 math 和 art，那么我们就说 books 目录是带有 math 和 art 两个子目录的目录。我们将使用 books/math 和 books/art 来引用这两个子目录，因为 books 是它们的父目录。

## 基本的 shell 操作

本节展示的 shell 操作在各个操作系统上都大体一致。下面是在 shell 中可以执行的最精华的操作，也是我们将在本书中用到的操作。

- ※ **变换目录：**使用 `cd`，后面跟着想要跳转到的目录名，或者使用 `cd..` 表示想要跳转到上一层目录。如果想要跳转到一个新目录，同时又想要记住你是从哪里跳出的，那么就使用 `pushd`，后面跟着新目录的名字。然后，仅需使用 `popd`，就可以跳转回前一个目录。
- ※ **目录清单：**`ls` 将显示当前目录下的所有文件和子目录名。还可以使用通配符 \*（星号）来缩小搜索范围。例如，如果想要列出所有以 .scala 结尾的文件，那么就可以输入 `ls*.scala`。如果想要列出所有以 F 开头和以 .scala 结尾的文件，那么就可以输入 `ls F*.scala`。
- ※ **创建目录：**使用 `mkdir`（`make directory`）命令，后面跟着想要创建的目录名。例如，`mkdir books`。

- ※ **移除文件**: 使用 `rm` (`remove`), 后面跟着希望移除的文件名。例如,  
`rm somefile.scala`。
- ※ **移除目录**: 使用 `rm -r` 命令移除目录中的文件或者目录自身。例如,  
`rm -r books`。
- ※ **重复前一次命令行的最后一个参数** (这样你就不必在新命令中再次键入它)。在当前的命令行中, 在 Mac/Linux 中键入 `!$`, 在 Powershell 中键入 `$$`。
- ※ **命令历史**: 在 Mac/Linux 中是 `history`, 在 Powershell 中是 `h`。它可以列出之前键入的所有命令, 以及在你想要重复命令时可以引用的行号。
- ※ **重复命令**: 在上述 3 种操作系统中, 点击向上的箭头键就可以移动到之前的命令, 这样你就可以编辑和重复它们了。在 Powershell 中, `r` 重复最后一行命令, `r n` 重复第 `n` 行命令, 其中 `n` 是命令历史中的数字。在 Mac/Linux 中, `!!` 重复最后一行命令, `!n` 重复第 `n` 行命令。
- ※ **解压缩 zip 文档**: 以 `.zip` 结尾的文件名是包含了许多其他文件的压缩格式的文档。Linux 和 Mac 都有命令行的 `unzip` 实用工具, 也可以通过互联网为 Windows 安装命令行的 `unzip`。但是, 在这 3 种操作系统中, 你都可以使用图形化文件浏览器 (Windows 的资源管理器, Mac 的 Finder, Linux 的 Nautilus 或其他等效的工具) 来浏览包含 `zip` 文件的目录。然后鼠标右击 `zip` 文件, 在 Mac 中选择 “Open”, 在 Linux 中选择 “Extract Here”, 或者在 Windows 中选择 “Extract all...”。

20

21

要想学习更多有关 shell 的知识, 请在 Wikipedia 上搜索 “Windows Powershell”, 或者搜索 Mac/Linux 的 “Bash\_ (Unix\_shell)”。

# 安装 (Windows)

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition



Scala 运行于 Java 之上，因此必须首先安装 Java 1.6 或更高的版本（只需要基本的 Java，开发工具包也有用处，但是并非必需）。在本书中我们使用的是 JDK8 (Java 1.8)。

按照 shell 中的说明打开 Powershell，在命令行运行 `java -version`（无论在哪个目录下），就可以看到你的计算机上是否已经安装了 Java。如果已经安装，那么就会看到与下面类似的内容（子版本号和实际的文本会有所不同）：

```
java version "1.8.0_11"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.8.0_25-b18)
Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM (build 25.25-b02, mixed
mode)
```

如果安装的是 6 以上的版本（也称为 Java 1.6），那么不需要更新 Java。

如果需要安装 Java，那么首先确定你运行的是 32 位还是 64 位的 Windows。

在 Windows 7 中，进入“控制面板”，然后进入“系统与安全”，最后进入“系统”。在“系统”下，你可以看到“系统类型”，它显示的要么是“32 位操作系统”，要么是“64 位操作系统”。

在 Windows 8 中，按下 Windows+W 键，然后键入“System”并按下“Return”以打开“系统”应用程序。查找“系统类型”，它显示的要么是“32 位操作系统”，要么是“64 位操作系统”。

安装 Java 时请遵照下面链接中的说明：

[java.com/en/download/manual.jsp](http://java.com/en/download/manual.jsp)

22

该链接会自动探测你的计算机需要安装 32 位还是 64 位的 Java，如果需要，你也可以手动选择恰当的版本。

安装之后，通过点击“OK”来关闭所有的安装窗口，然后关闭刚才的 Powershell 窗口，并在新的 Powershell 窗口中运行 `java -version` 来检查是否正确安装了 Java。

## 设置路径

如果你的系统仍旧无法在 Powershell 中运行 `java -version`，那么必须将恰当的 `bin` 目录添加到路径中。路径可以告知操作系统到哪里去寻找可执行程序。例如，将类似下面的内容追加到路径的末尾：

```
;C:\Program Files\Java\jre8\bin
```

这个目录是 Java 默认的安装位置。如果你将 Java 安装到了别的地方，那么就将你的安装目录追加到路径中。注意，开头的分号用来将新路径与前一个路径分隔开。

在 Windows 7 中，进入“控制面板”，选择“系统”，接着是“高级系统设置”，然后是“环境变量”。在“系统变量”下打开或创建 Path，并将上面所示的安装目录的“bin”文件夹添加到“变量值”字符串的末尾。

在 Windows 8 中，按下 Windows+W 键，然后在编辑框中键入“env”，并选择“编辑账户下的环境变量”，如果有“Path”，那么选择它，否则添加新的 Path 环境变量。然后将上面所示的安装目录的“bin”文件夹添加到 Path 的“变量值”字符串的末尾。

关闭刚才的 Powershell 窗口，并启动一个新的窗口以观察发生的变化

23

## 安装 Scala

在本书中，我们使用的是 Scala 2.11 版本，这是目前的最新版本。本书中的代码基本都可以在比 2.11 更新的版本上运行。

下载 Scala 的主站点是：

[www.scala-lang.org/downloads](http://www.scala-lang.org/downloads)

选择为 Windows 定制的 MSI 安装器。下载完成后，双击所下载的文件，然后遵照说明执行后续操作。

注意，如果运行的是 Windows 8，那么可能会看到一条消息：“Windows SmartScreen prevented an unrecognized app from starting. Running this app might put your PC at risk.”。选择“More info”，然后选择“Run anyway”。

在默认安装目录（`C:\Program Files ( x86 )\scala` 或 `C:\Program Files\scala`）下可以看到它包括的内容：

bin doc lib api

安装器会自动将 bin 目录添加到你的路径中。

现在打开新的 Powershell，并在 Powershell 的命令行中键入：

```
scala -version
```

这时将会看到你安装的 Scala 的版本信息。

24

## 本书的源代码

我们设计了一种能够将配置和下载的工作量降到最低的方式，以便利地测试本书中的 Scala 练习。点击 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 上的本书源代码链接，并下载相应的包（这样做会将下载的包置于“下载”目录，除非你对系统做过配置，将其置于其他位置）。

要想解开下载的本书源代码压缩包，需要使用 Windows 资源管理器来定位该文件，然后在 `atomic-scala-examples-master.zip` 文件上点击右键，之后选择默认的目标文件夹。所有内容都完成解压缩后，转到目标文件夹，不断向下导航，直至看到 `examples` 目录。

转到 `C:\` 目录，并创建 `C:\AtomicScala` 目录。将 `examples` 目录复制或拖拽到 `C:\AtomicScala` 目录中。现在 `AtomicScala` 目录就包含本书中的所有示例了。

## 设置 CLASSPATH

要想运行示例，必须先设置 `CLASSPATH`，这是一个 Java（Scala 运行在 Java 之上）用来定位代码文件的环境变量。如果你想在某个特定目录下运行代码文件，那么必须将这个目录添加到 `CLASSPATH` 中。

在 Windows 7 中，进入“控制面板”，然后进入“系统与安全”，之后进入“系统”，再之后进入“高级系统设置”，最后进入“环境变量”。

在 Windows 8 中，按下 `Windows+W` 键打开设置，然后在编辑框中键入“`env`”，并选择“编辑账户下的环境变量”。

在“系统变量”下打开“`CLASSPATH`”，或者在不存在此变量时创建该变量。然后在“变量值”字符串的末尾添加下面的内容：

25

```
;C:\AtomicScala\examples
```

这里假设上面的目录就是安装 Atomic Scala 代码的位置，如果你将代码放到了别的地方，那么就添加相应的路径。

打开一个 Powershell 窗口，转换到 C:\AtomicScala\examples 子目录下，并运行：

```
scalac AtomicTest.scala
```

如果所有配置都正确，那么运行结果是创建一个新的子目录 com\atomicscala，它包含了若干文件，包括：

```
AtomicTest$.class  
AtomicTest.class
```

从 AtomicScala.com 下载的源码包中包含一个 Powershell 脚本 testall.ps1，用来在 Windows 下测试本书中的所有代码。在第一次运行之前，必须告诉 Powershell 该脚本是可以运行的。除了在 shell 中描述的设置运行策略，你还需要解锁该脚本。使用 Windows 资源管理器，进入 C:\AtomicScala\examples 目录，右击 testall.ps1，选择“属性”，然后选中“解锁”。

接下来，运行 ./testall.ps1 测试本书中的所有代码示例。运行时会有少量错误，这没关系，我们会在本书后续章节解释这些问题。

## 练习

下面的练习可以验证你的安装工作。

26

27

1. 在 shell 中键入 `java -version` 验证你的 Java 版本。Java 版本必须为 1.6 或 1.6 以上。
2. 在 shell 中键入 `scala` 验证你的 Scala 版本（这会启动 REPL）。Scala 版本必须为 2.11 或 2.11 以上。
3. 键入 `:quit` 退出 REPL。



# 安装 (Mac)



**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

Scala 运行于 Java 之上，而 Mac 预安装了 Java。使用 Apple 菜单中的“软件更新”来检查 Mac 是否安装了最新版本的 Java，如果低于 1.6 版本，就需要更新，但是并不需要更新 Mac 操作系统软件。在本书中我们使用的是 JDK8 (Java 1.8)。

按照在 shell 中的说明在要求的目录中打开 Powershell。现在在命令行键入 `java -version` (无论在哪个子目录下)，就可以看到计算机上是否已经安装了 Java。你应该会看到与下面类似的内容 (版本号和实际的文本会有所不同)：

```
java version "1.6.0_37"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.6.0_37-b06-434-
10M3909)
Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM (build 20.12-b01-434,
mixed mode)
```

如果你看到的信息是 the command is not found or not recognized (命令没找到或未识别)，那就说明你的 Mac 有问题，因为 Java 在 shell 中总是可用的。

## 安装 Scala

在本书中，我们使用的是 Scala 2.11 版本，这是目前的最新版本。本书中的代码基本都可以在比 2.11 更新的版本上运行。

下载 Scala 的主站点是：

[www.scala-lang.org/downloads](http://www.scala-lang.org/downloads)

28

下载带有 .tgz 扩展名的版本。点击网页上的链接，然后选择“用归档实用工具打开”。这会将其置于“下载”目录中，并将文件解开到一个文件夹中 (如果下载时没有选择打开，那么就打开一个新的 Finder 窗口，在该 .tgz 文件上右击，然后选择“打开方式 -> 归档实用工具”)。

将解开的文件夹重命名为“Scala”，然后将其拖拽到你的主目录 (图标为

“家”的目录，它的名字就是你的用户名）。如果你看不到家的图标，那么打开 Finder，选择“偏好设置”，然后选择“边栏”图标。选中列表中你名字旁边的家图标前面的复选框。

当你查看 Scala 目录时，可以看到如下内容：

```
bin      doc      examples    lib      man      misc      src
```

## 设置路径

现在将恰当的 bin 目录添加到路径中。路径通常存储在名为 .profile 或 .bash\_profile 的文件中，该文件位于你的主目录中。我们假设此刻要编辑的是 .bash\_profile 文件。

如果这两个文件都不存在，那么就通过键入下面的命令创建一个空文件：

```
touch ~/.bash_profile
```

通过编辑这个文件来更新路径。键入：

```
open ~/.bash_profile.
```

将下面的内容添加到所有其他 PATH 语句行之后：

```
29
PATH="$HOME/Scala/bin/:$PATH"
export PATH
```

通过将上述内容添加到所有其他 PATH 语句行之后，就可以使计算机在搜索 Scala 时首先找到你安装的 Scala 版本，而不是已经存在于其他路径中的其他版本。

在同一个终端窗口中键入：

```
source ~/.bash_profile
```

现在打开新的 shell，并在 shell 命令行中键入：

```
scala -version
```

这时将会看到你安装的 Scala 的版本信息。

## 本书的源代码

我们设计了一种能够将配置和下载的工作量降到最低的方式，来便利地

测试本书中的 Scala 练习。点击 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 上的本书源代码链接，并将 `atomic-scala-examples-master.zip` 下载到计算机上方便的位置。

双击 `atomic-scala-examples-master.zip` 以解压下载的本书源代码压缩包。在解压后的文件夹中不断向下导航，直至找到 `examples` 目录。在主目录中创建一个 `AtomicScala` 目录，并使用上面（用于安装 Scala）的说明，将 `examples` 目录拖拽到 `AtomicScala` 目录中。

现在 `~/AtomicScala` 目录就包含在 `examples` 子目录中的本书所有示例了。



30

## 设置 CLASSPATH

`CLASSPATH` 是一个 Java（Scala 运行在 Java 之上）用来定位 Java 程序文件的环境变量。如果你想在新的目录下放置代码文件，那么就必须将这个新目录添加到 `CLASSPATH` 中。

依据路径信息的位置，编辑 `~/.profile` 或 `~/.bash_profile`，在其中添加下面的信息：

```
CLASSPATH="$HOME/AtomicScala/examples:${CLASSPATH}"
export CLASSPATH
```

打开新的终端窗口，通过键入下面的命令转换到 `AtomicScala` 子目录下：

```
cd ~/AtomicScala/examples
```

现在运行：

```
scalac AtomicTest.scala
```

如果所有配置都正确，那么运行结果会创建一个新的子目录 `com\atomicscala`，它包含了若干文件，包括：

```
AtomicTest$.class
AtomicTest.class
```

最后，通过下面的命令运行在 `examples` 目录下的 `testall.sh` 文件（它是从 `AtomicScala.com` 下载的本书源代码的一部分）来测试本书中的所有代码：

```
chmod +x testall.sh
./testall.sh
```



31

运行时会有少量错误，这没关系，我们会在本书后续章节解释这些问题。

## 练习

下面的练习可以验证你的安装工作。

1. 在 shell 中键入 `java -version` 验证你的 Java 版本。Java 版本必须为 1.6 或 1.6 以上版本。
2. 在 shell 中键入 `scala` 验证你的 Scala 版本（这会启动 REPL）。Scala 版本必须为 2.11 或 2.11 以上版本。
3. 通过键入 `:quit` 退出 REPL。

# 安装 (Linux)

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future Second Edition

在本书中，我们使用的是 Scala 2.11 版本，这是目前的最新版本。本书中的代码基本都可以在比 2.11 更新的版本上运行。

## 标准包安装

要点：标准包安装器可能无法安装最新版本的 Scala。将 Scala 的新版本囊括到标准包中的时间明显滞后于发布新版本的时间。如果标准包所安装的版本并非如你所愿，那么可以按照“从 tgz 文件安装最新版本”一节中的说明来安装。

通常情况下，可以通过下面的 shell 命令之一（参见 shell）使用标准包安装器，它在必要时还会安装 Java：

Ubuntu/Debian: `sudo apt-get install scala`

Fedora/Redhat release 17+: `sudo yum install scala`

（在 Fedora/Redhat release 17 以前的版本中，包含了旧版本的 Scala，但是它与本书并不兼容。）

现在应该遵循下一节中的指示，以确保安装 Java 和 Scala 的正确版本。

## 校验安装

打开 shell（参见 shell）并在命令行中键入“`java -version`”。你应该会看到与下面类似的内容（版本号和实际的文本会有所不同）：

```
java version "1.7.0_09"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.7.0_09-b05)
Java HotSpot(TM) Client VM (build 23.5-b02, mixed mode)
```

如果你看到的信息是 the command is not found or not recognized（命令没找到或未识别），那就按照“设置路径”一节中的说明将 Java 目录添加到计算机的执行路径中。

可以通过启动 shell 并键入 `scala -version` 来测试 Scala 的安装。这样做会产生 Scala 的版本信息，如果没有产生，那么就使用下面的说明将 Scala 添加到路径中。

## 配置编辑器

如果你已经安装了自己喜欢的编辑器，那么可以跳过本节。如果你选择安装 Sublime Text 2，就像编辑器中描述的那样，那么必须告诉 Linux 在哪找到这个编辑器。假设你已经在主目录安装了 Sublime Text 2，那么就用下面的 shell 命令创建一个符号链接：

```
sudo ln -s ~/Sublime Text 2/sublime_text
/usr/local/bin/sublime
```

这使得你可以使用下面的命令来编辑以 `filename` 命名的文件：

```
sublime filename
```

## 设置路径

如果系统不能从控制台（终端）命令行运行 `java -version` 和 `scala -version`，那么需要将恰当的 `bin` 目录添加到路径中。

路径通常存储在主目录的 `.profile` 文件中。我们假设此刻要编辑的就是 `.profile` 文件。

运行 `ls -a` 以查看该文件是否存在。如果不存在，就运行下面的命令来使用 `sublime` 编辑器创建一个新文件：

```
sublime ~/.profile.
```

Java 通常安装在 `/usr/bin` 下，如果你安装的位置有所不同，那么就将所安装的 Java 的 `bin` 目录添加到路径中。下面的 `PATH` 指令包含了 `/usr/bin`（用于 Java）和 Scala 的 `bin`，前提是 Scala 安装在主目录的 Scala 子目录下（注意：我们使用了主目录的完全限定的路径名而不是 `~` 或 `$HOME`）：

```
export PATH=/usr/bin:/home/`whoami`/Scala/bin:$PATH:
```

在 `~whoami~`（用后引号括起来）处插入你的用户名。

注意：应该将这行添加到 `.profile` 文件的末尾，确保其在设置 `PATH` 的其

他行之后。

接下来，键入：

```
source ~/.profile
```

以使得新的设置生效（或者关闭当前的 shell 并打开一个新的）。现在打开新的 shell，并在命令行中键入：

```
scala -version
```

你将会看到所安装的 Scala 的版本信息。

如果从 `java -version` 和 `scala -version` 获得的版本信息正如你所需，那么可以跳过下一节。

## 从 tgz 文件安装最新版本

尝试运行 `java -version` 看看是否已经安装了 Java 1.6 或更新的版本。如果没有，请访问 [www.java.com/getjava](http://www.java.com/getjava)，点击“Free Java Download”并向下滚动页面到“Linux”下载部分（此页面上还有“Linux RPM”，不过我们使用的是常规版）。启动下载并确保你获取的是以 `jre-` 开头并以 `.tar.gz` 结尾的文件（还必须按照已安装的 Linux 版本来校验获取的是 32 位还是 64 位的版本）。

这个站点通过帮助链接提供了详细的说明。

将这个文件移动到主目录，然后在主目录启动一个 shell，并运行下面的命令：

```
tar zxvf jre-*.tar.gz
```

这会创建一个以 `jre` 开头并以所安装的 Java 的版本号结尾的子目录，该目录中包含一个 `bin` 目录。编辑 `.profile`（遵循本原子前面的说明）并定位到最后的 `PATH` 指令（如果有这样的指令）。添加或修改 `PATH`，使得 Java 的 `bin` 目录是 `PATH` 中的第一个目录（当然还有更“恰当”的方式可实现添加或修改 `PATH` 的目的，但是我们为了方便没有采用）。例如，在你的 `~/.profile` 文件中，`PATH` 指令的开头部分看起来可能像下面这样：

```
export set PATH=/home/`whoami`/jre1.7.0_09/bin:$PATH: ...
```

如果系统中还安装了其他版本的 Java，那么刚刚安装的版本将始终是系统优先识别的版本。



35

用下面的命令重置 PATH:

```
source ~/.profile
```

(或者关闭当前的 shell, 然后打开一个新的 shell.) 现在应该能够运行 `java -version`, 并看到与你刚刚安装的版本相一致的版本号。

## 安装 Scala

下载 Scala 的主站点是 [www.scala-lang.org/downloads](http://www.scala-lang.org/downloads)。向下滚动页面以定位到想要安装的版本号, 然后下载标有“Unix, Mac OSX, Cygwin.”的文件。这个文件的扩展名是 `.tgz`。在下载完成后, 将该文件移动到主目录。

在主目录启动一个 shell, 并运行下面的命令:

```
tar zxvf scala-*.tgz
```

这会创建一个以 `scala-` 开头并以所安装的 Scala 版本号结尾的子目录, 该目录中包含一个 `bin` 目录。编辑 `.profile` 并定位到 `PATH` 指令。将 `bin` 目录添加到 `PATH` 中, 同样要在 `$PATH` 之前。例如, 在 `~/.profile` 文件中, `PATH` 指令的开头部分看起来可能像下面这样:

```
export set
PATH=/home/`whoami`/jre1.7.0_09/bin:/home/`whoami`/scala-
2.11.4/bin:$PATH:
```

用下面的命令重置 PATH:

```
source ~/.profile
```

(或者关闭当前的 shell, 然后打开一个新的 shell.) 现在应该能够运行 `scala -version`, 并看到与你刚刚安装的版本相一致的版本号。

## 本书的源代码

我们设计了一种能够将配置和下载的工作量降到最低的方式, 来便利地测试本书中的 Scala 练习。点击 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 上的本书源代码链接, 并将 `atomic-scala-examples-master.zip` 下载到计算机上方便的位置。

使用下面的命令将 `atomic-scala-examples-master.zip` 移动到主目录:

```
cp atomic-scala-examples-master.zip ~
```

通过运行 `unzip atomic-scala-examples-master.zip` 来解压下载的源代码。在解压后的文件夹中不断向下导航，直至找到 `examples` 目录。

在主目录中创建一个 `AtomicScala` 目录，将 `examples` 目录拖拽到 `AtomicScala` 目录中。现在 `~/AtomicScala` 目录就包含在 `examples` 子目录中的本书所有示例了。

## 设置 CLASSPATH

注意，有时（至少在 Linux 上）压根就不需要设置 `CLASSPATH`，所有程序就都可以正确运行。在设置 `CLASSPATH` 之前，尝试运行 `testall.sh` 脚本（如下所示），以查看运行是否成功。

`CLASSPATH` 是一个 Java（Scala 运行在 Java 之上）用来定位 Java 程序文件的环境变量。如果想在新的目录下放置代码文件，那么就必须将这个新目录添加到 `CLASSPATH` 中。例如，假设安装在主目录的 `AtomicScala` 子目录，那么若将下面的指令添加到 `~/.profile` 中，就会将 `AtomicScala` 添加到 `CLASSPATH` 中：

```
export
CLASSPATH="/home/`whoami`/AtomicScala/examples:$CLASSPATH"
```

如果运行下面的命令，或者打开一个新的 shell，对 `CLASSPATH` 的修改就会生效：

```
source ~/.profile
```

校验一下对 `AtomicScala/examples` 子目录所做的修改是否都奏效了。然后运行：

```
scalac AtomicTest.scala
```

如果所有配置都正确，那么运行结果会创建一个新的子目录 `com\atomic-scala`，它包含了若干文件，包括：

```
AtomicTest$.class
AtomicTest.class
```

最后，通过下面的命令来测试本书中的所有代码：

```
chmod +x testall.sh
./testall.sh
```

运行时会有少量错误，这没关系，我们会在本书后续章节解释这些问题。

## 练习

下面的练习可以验证你的安装工作。

1. 在 shell 中键入 `java -version` 验证你的 Java 版本。Java 版本必须为 1.6 或 1.6 以上版本。
2. 在 shell 中键入 `scala` 验证你的 Scala 版本（这会启动 REPL）。Scala 版本必须为 2.11 或 2.11 以上版本。
3. 键入 `:quit` 退出 REPL。

39

40



# 运行Scala

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

Scala 解释器也称为 REPL (Read-Evaluate-Print-Loop, 读取 - 计算 - 打印 - 循环)。当你在命令行键入 `scala` 时, 就进入了 REPL。你应该会看到诸如下面内容的信息 (启动它可能要花点时间):

```
Welcome to Scala version 2.11.4 (Java HotSpot(TM) 64-Bit
Server VM, Java 1.7.0_09).
Type in expressions to have them evaluated.
Type :help for more information.
```

`scala>`

确切的版本号因安装的 Scala 和 Java 的版本不同而有所变化, 但是请确保你运行的是 Scala 2.11 或更新的版本。

REPL 可提供立即产生交互反馈的体验, 这对于实践练习来说非常有用。例如, 你可以执行算术运算:

```
scala> 42 * 11.3
res0: Double = 474.6
```

`res0` 是 Scala 对上述计算结果的命名。`Double` 表示“双精度浮点数”。浮点数可以存储分数值, 而“双精度”是指这个数所能表示的小数点后有效数字的位数。

在 Scala 命令行键入 `:help` 可以获得更多信息。要想退出 REPL, 可以键入:

```
scala> :quit
```

## 注释

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

注释是说明性的文本，Scala 会忽略它们。注释有两种形式。以 // (两个前向斜杠) 开头的注释包含一直到当前行末尾的全部内容：

```
47 * 42 // Single-line comment
47 + 42
```

Scala 会计算上述乘法，但是会忽略 // 及其之后直至该行末尾的全部内容。在下一行中，Scala 将再次关注代码，并执行求和操作。

多行注释以 /\* (一个前向斜杠，后面跟着星号) 开头，后续内容全部都是注释，包括行分隔符 (称为换行符)，直至碰到表示注释结尾的 \*/ (一个星号，后面跟着前向斜杠)：

```
47 + 42 /* A multiline comment
Doesn't care
about newlines */
```

在同一行中，注释的结束标识 \*/ 后面可以继续写代码，但是容易引起歧义，所以通常不这样做。在实践中，你会看到 “//” 注释比多行注释要多得多。

注释应该为程序赋予在代码中不易直观获取的新信息。如果注释仅仅是对代码行为的重复，那么就会变得令人厌烦 (人们也会开始忽略你的注释)。当代码变更时，程序员经常会忘记更新注释，因此良好的实践习惯是慎用注释，用它主要是为了强调代码中棘手的方面。

## 编写脚本

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

脚本是可以在命令行运行的由 Scala 代码构成的文件。假设有一个包含 Scala 脚本的 myfile.scala 文件，要在操作系统的 shell 命令行中执行该脚本，需要输入：

```
scala myfile.scala
```

然后 Scala 会执行脚本中的所有行。这比在 Scala REPL 中键入所有行要方便得多。

编写脚本使得快速创建简单程序变得相当容易，因此我们在贯穿本书的大部分代码中都使用这种方式（因此，你需要通过 shell 来运行这些示例）。编写脚本可以解决基本问题，例如为计算机提供实用工具。更复杂的程序需要使用编译器，用到它时我们再做详细探讨。

使用 Sublime Text（参见编辑器），键入下面的行并将其存为 ScriptDemo.scala：

```
// ScriptDemo.scala
println("Hello, Scala!")
```

我们总是以包含文件名的注释作为代码文件的开头。

假设你已经按照“安装”原子中针对不同操作系统的有关说明进行了安装，那么本书的示例就在名为 AtomicScala 的目录中。尽管可以下载代码，但是我们还是希望你按照本书自己输入代码，因为亲自动手实践会有助于你的学习。

上述脚本只有一行可执行代码：

```
println("Hello, Scala!")
```

当你通过（在 shell 命令行）键入下面的命令来运行该脚本时：

```
scala ScriptDemo.scala
```

你应该看到：

```
Hello, Scala!
```

现在，我们已经准备好启动学习 Scala 之旅了。

43

44

# 值

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of!

值保存的是特定类型的信息。你可以像下面这样定义一个值：

```
val name = initialization
```

`val` 关键字后面跟着（你起的）名字、等号和初始值。名字以字母或下划线开头，后面跟着更多的字母、数字或下划线。美元符号 (\$) 在 Scala 中用作内部用途，所以你不能在自己的名字中使用它。Scala 区分大写和小写字母（因此，`thisvalue` 和 `thisValue` 是不同的）。

下面是一些值的定义：

```
// Values.scala

val whole = 11
val fractional = 1.4
val words = "A value"

println(whole, fractional, words)

/* Output:
(11,1.4,A value)
*/
```

本书中每个示例的第一行都包含源代码文件的名字，这个名字就是在相应“安装”原子中设置的 `AtomicScala` 目录中可以看到的名字。在我们给出的所有代码样例中还可以看到行号。行号不会出现在合法的 Scala 代码中，因此在你的代码中不要添加它们。我们使用行号的目的仅仅是为了便于描述代码。

我们还对本书中的代码进行了格式设置，以使其适合电子书阅读器的页面，因此我们有时候会添加行分隔符，以便缩短行的长度，如果不是为了此目的，这些行分隔符就不是必需的。

在第 3 行，我们创建了一个名为 `whole` 的值，并在其中存储了 11。类似地，在第 4 行，我们存储了“分数” 1.4，在第 5 行，我们在值 `words` 中存储了一些文本（一个字符串）。

一旦初始化 `val`，就不能再进行修改（它是常量或不可更改的量）。例如，一旦我们将 `whole` 设置为 11，就不能再赋值：

```
whole = 15
```

如果我们这么做，Scala 就会抱怨：“error: reassignment to val.”。

很重要的一点是，你应该为标识符选择描述性的名字。这会使代码更容易理解，并且经常可以免去注释。观察上面给出的代码片段，你并不知道 `whole` 表示什么。如果程序要将数字 11 存储为表示一天当中何时去喝咖啡的时间，那么对其他人来说，名字 `coffeetime` 会显得更明确，而名字 `coffeeTime` 则会更容易阅读。

在本书前几个示例中，我们会在代码清单的末尾用多行注释的方式展示输出结果。注意，`println` 接受单个值，或者一个由逗号分隔的值序列。

从此处开始，后面每个原子中都包含一些练习，其解答可以从 `AtomicScala.com` 获得，其中每个解答文件夹都与相对应的原子名字相匹配。

## 练习

1. 存储（并打印）值 17。
2. 对于刚刚存储的值（17），尝试将其修改为 20。会发生什么？
3. 存储（并打印）值“ABC1234”。
4. 对于刚刚存储的值（“ABC1234”），尝试将其修改为“DEF1234”。会发生什么？
5. 存储值 15.56 并打印。

46

1

47

## 数据类型

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

Scala 会区分不同类型的值。在解决数学问题时，你只会写下类似下面的算式：

5.9 + 6

你知道当这些数字加起来时会得到另一个数字，Scala 也是如此。你不用关心其中一个是分数 (5.9)，在 Scala 中称作 `Double`，而另一个是整数 (6)，在 Scala 中称作 `Int`。在手工计算时，你知道将获得一个分数，但是可能不会对此再做深究。Scala 会将这些表示数据的不同方式分类为“类型”，以便知晓你使用的数据种类是否正确。这里，Scala 创建了新的 `Double` 类型值来保存结果。

通过使用类型，Scala 要么可以适配你的需求（如上所示），要么可以在你让它做傻事时给出一条错误消息提示。例如，如果使用 REPL 将一个数字和一个 `String` 加起来，会发生什么？

```
scala> 5.9 + "Sally"
res0: String = 5.9Sally
```

这个结果有意义吗？在这种情况下，Scala 包含的规则会告诉它如何将一个 `String` 加到一个数字上。类型非常重要，因为 Scala 使用它们来确定应该做什么。在上面的示例中，Scala 会将两个值连缀起来，并创建一个新的 `String` 来保存结果。

现在，尝试将一个 `Double` 和一个 `String` 相乘：

48

```
5.9 * "Sally"
```

将两种类型结合起来这种方式对 Scala 来说没有任何意义，因此它会提示出错。

在值中，我们存储了从数字到字母的若干类型。Scala 会基于我们使用值的方式来确定其类型，这称为类型推断。

我们也可以更啰嗦地直接指定类型：

```
val name:type = initialization
```

val 关键字后面跟着（你起的）名字、冒号、类型以及初始值。因此，为了替代下面的声明：

```
val n = 1
val p = 1.2
```

我们可以声明：

```
val n:Int = 1
val p:Double = 1.2
```

显式指定类型时，就是在直接告诉 Scala：n 是一个 Int，p 是一个 Double，而不需要 Scala 推断类型。

下面是 Scala 的基本类型：

```
1 // Types.scala
2
3 val whole:Int = 11
4 val fractional:Double = 1.4
5 // true or false:
6 val trueOrFalse:Boolean = true
7 val words:String = "A value"
8 val lines:String = """Triple quotes let
9 you have many lines
10 in your string"""
11
12 println(whole, fractional,
13   trueOrFalse, words)
14 println(lines)
15
16 /* Output:
17 (11,1.4,true, A value)
18 Triple quotes let
19 you have many lines
20 in your string
21 */
```

49

Int 数据类型表示的是 integer，这意味着它只能保存整数。在第 3 行可以看到它的用法。为了像第 4 行那样保存小数，需要使用 Double。

Boolean 数据类型（第 6 行），只能保存两个特殊的值：true 和 false。

String 可以保存字符序列。可以像第 7 行那样使用双引号来赋值，或者在出现多行文本或特殊字符时，使用三个双引号将它们括起来，就像第 8 ~ 10

行那样（这就是多行字符串）。

Scala 使用类型推断来确定混合使用类型情况下所表示的类型。例如，在加法中混用 `Int` 和 `Double` 时，Scala 会确定用于结果值的类型。尝试在 REPL 中执行下面的代码：

50   
scala> val n = 1 + 1.2  
n: Double = 2.2

这个结果显示了当 `Int` 加到 `Double` 上时，结果变成了 `Double`。有了类型推断，Scala 就可以确定 `n` 是一个 `Double` 值，并且可以确保它会遵循所有有关 `Double` 的规则。

Scala 会执行大量的类型推断，这是属于它为程序员分忧的分内之事。如果遗漏了类型声明，那么 Scala 通常会帮你收拾残局。如果残局无法收拾，它就会给出一条错误消息提示。随着本书内容的继续，我们还会看到更多的类型推断。

## 练习

1. 将值 5 存储为 `Int` 并打印。
2. 将值 “ABC1234” 存储为 `String` 并打印。
3. 将值 5.4 存储为 `Double` 并打印。
4. 存储值 `true`。你使用了什么类型？打印它会产生什么结果？
5. 存储一个多行 `String`。打印时会打印成多行吗？
6. 如果试图将 `String` “maybe” 存储到 `Boolean` 中，会发生什么？
7. 如果试图将数字 15.4 存储到 `Int` 值中，会发生什么？
8. 如果试图将数字 15 存储到 `Double` 值中，会发生什么？

# 变量

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future Second Edition

在值中我们学习了如何创建值，这些值只能设置一次，不能进行修改。当这种约束过强时，可以使用变量来代替值。

像值一样，变量保存的也是特定类型的信息。但是在使用变量时，可以修改它存储的值。可以按照与定义值完全相同的方式来定义变量，只是你需要使用 `var` 关键字来代替 `val` 关键字：

```
var name:type = initialization
```

变量这个词描述的是可以修改的东西（`var`），而值表示不能修改的东西（`val`）。

如果程序运行时必须修改数据，那么使用变量就会非常方便。在 Scala 中经常需要选择何时使用变量（`var`）、何时使用值（`val`）。大体上，如果使用 `val`，那么程序会易于扩展与维护。有时，仅使用 `val` 会使得解决问题变得过于复杂。正是出于这个原因，Scala 提供了 `var` 以提高灵活性。

注意，大多数编程语言都有风格指南，力图帮助程序员写出易于编写且易于理解的代码。例如，在定义值时，Scala 风格推荐在 `name:` 和 `type` 之间加一个空格。但是书籍通常会限制篇幅，并且我们选择不惜以违背某些风格指南为代价来增加本书的可读性。Scala 不会在意这个空格。你可以遵循 Scala 风格指南，但是我们不想在你适应并享受这种语言之前增加负担。因此从此处开始，我们会为了节省篇幅而删除这种空格。

52

## 练习

1. 创建一个 `Int` 值（`val`），并将其设置为 5。尝试将其更新为 10，会发生什么？你打算怎么解决这个问题？
2. 创建一个名字为 `v1` 的 `Int` 变量（`var`），并将其设置为 5。再将其更新为 10，并存储到名字为 `constantv1` 的 `val` 中。这可行吗？你认为这种做法有何用途？

3. 使用上面的 `v1` 和 `constantv1` 将 `v1` 设置为 15。 `constantv1` 的值是否发生了变化？
4. 创建一个新的名为 `v2` 的 `Int` 变量 (`var`)，初始化为 `v1`。将 `v1` 的值设置为 20。`v2` 的值是否发生了变化？

# 表达式

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

在许多编程语言中，代码中最小的有效构成部分要么是语句，要么是表达式。它们之间只有一个简单的差异。

编程语言中的语句不会产生结果。对语句来说，为了执行某些感兴趣的行为，它必须改变周围环境的状态。换言之，“语句是因其副作用而被调用的”（即它执行的是产生结果之外的其他操作）。就像助记法中描述的：

## 语句改变状态

“表达”在英文中包含“压榨”的意思，就像“to express the juice from an orange”可以表示“从橘子中压榨出果汁”。因此：

## 表达式用于表达（压榨）

即它会产生结果。

本质上，Scala 中的一切都是表达式。在 REPL 中最容易理解这一点：

```
scala> val i = 1; val j = 2
i: Int = 1
j: Int = 2

scala> i + j
res1: Int = 3
```

分号允许我们在一行中输入多个语句或表达式。表达式 `i+j` 会产生一个值，即这个加法的和。

还可以用花括号将多行表达式括起来，就像在下面代码的第 3 ~ 7 行中看到的那样：

```
1 // Expressions.scala
2
3 val c = {
4   val i1 = 2
5   val j1 = 4/i1
6   i1 * j1
```

```

7  }
8  println(c)
9  /* Output:
10 4
11 */

```

第 4 行是将一个值设置为 2 的表达式；第 5 行是用 4 除以在 `i1` 中存储的值的表达式（即 4 除以 2），其结果为 2；第 6 行是将这两个值相乘，并将产生的值存储在 `c` 中。

如果表达式不产生结果会怎样？REPL 回答这个问题的方式是类型推断：

```
scala> val e = println(5)
e: Unit = ()
```

对 `println` 的调用不会产生值，因此该表达式也不会产生值。Scala 用一种特殊类型来表示不产生值的表达式：`Unit`。用 {} 括起来的空集也会产生同样的结果：

```
scala> val f = {}
f: Unit = ()
```

与其他数据类型一样，如果有必要，可以显式地声明某些事物具有 `Unit` 类型。

## 练习

1. 创建一个表达式，将 `feetPerMile` 初始化为 5280。
2. 创建一个表达式，将 `yardsPerMile` 初始化为 `feetPerMile` 除以 3.0。
3. 创建一个表达式，用 2000 除以 `yardsPerMile` 以计算其表示的英里数。
4. 组合上面三个表达式，构成一个返回英里数的多行表达式。



# 条件表达式

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

条件式就是做出选择，它会测试表达式以查看它是 `true` 还是 `false`，然后基于测试结果执行操作。真假表达式称为 Boolean 表达式，是以数学家 George Boole 的名字命名的，他创建了这种表达式背后的逻辑。下面是一个简单的条件式，它使用了 `>` (大于) 号，并展示了 Scala 的 `if` 关键字的用法：

```

1 // If.scala
2
3 if(1 > 0) {
4   println("It's true!")
5 }
6
7 /* Output:
8 It's true!
9 */

```

`if` 括号内的表达式必须计算为 `true` 或 `false`。如果为 `true`，花括号中的代码就会执行。

我们可以将布尔表达式的创建与使用分离开：

```

1 // If2.scala
2
3 val x:Boolean = { 1 > 0 }
4
5 if(x) {
6   println("It's true!")
7 }
8
9 /* Output:
10 It's true!
11 */

```

57

因为 `x` 是 Boolean 值，所以 `if` 可以直接用 `if(x)` 来测试。

可以使用“否”操作符 `!` 来测试布尔表达式的否定情形：

```

1 // If3.scala
2

```

```

3  val y:Boolean = { 11 > 12 }
4
5  if(!y) {
6      println("It's false")
7  }
8
9  /* Output:
10 It's false
11 */

```

当把“否”操作符添加到前面时, `if(!y)` 读作“如果 `y` 为否”  
`else` 关键字使得你可以同时处理 `true` 和 `false` 两条路径:

```

1  // If4.scala
2
3  val z:Boolean = false
4
5  if(z) {
6      println("It's true!")
7  } else {
8      println("It's false")
9  }
10
11 /* Output:
12 It's false
13 */

```

58



`else` 关键字只能和 `if` 一起使用。

整个 `if` 就是一个表达式, 因此它会产生一个结果:

```

1  // If5.scala
2
3  val result = {
4      if(99 > 100) { 4 }
5      else { 42 }
6  }
7  println(result)
8
9  /* Output:
10 42
11 */

```

你将会在后续原子中学习更多有关条件式的内容。

## 练习

- 分别将值 `a` 和 `b` 设置为 1 和 5。编写一个条件表达式, 测试 `a` 的值是否小于 `b`。打印出“`a` is less than `b`”或“`b` is less than `a`”。

2. 使用上面的 `a` 和 `b` 编写一些条件表达式，以检查这两个值是小于 2 还是大于 2，并打印结果。
3. 将值 `c` 设置为 5。修改上面的第一个练习，检查 `a < c` 是否成立。然后检查 `b < c` 是否成立（其中“`<`”是小于操作符）。最后打印结果。

## 计算顺序

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

编程语言都会定义操作的执行顺序。下面的示例展示了混合算术运算的计算顺序：

45 + 5 \* 6

乘法操作  $5*6$  先执行，然后是加法  $30 + 45$ ，产生结果 75。

如果想让  $45+5$  先执行，那么可以使用括号：

(45 + 5) \* 6

产生的结果为 300。

再举一个例子，我们来计算体重指数 (Body Mass Index), BMI，它是用体重 (公斤) 除以身高 (米) 的平方而得到的。如果 BMI 小于 18.5，那么你就过轻了；18.5 ~ 24.9 之间属于正常体重；BMI 达到 25 以上就超重了。

```
1 // BMI.scala
2
3 val kg = 72.57 // 160 lbs
4 val heightM = 1.727 // 68 inches
5
6 val bmi = kg/(heightM * heightM)
7 if(bmi < 18.5) println("Underweight")
8 else if(bmi < 25) println("Normal weight")
9 else println("Overweight")
```

60

如果移除第 6 行的圆括号，那么就会将 `kg` 除以 `heightM`，然后再将结果乘以 `heightM`。这是一个大得多的数字，显然是错误答案。

下面是另一个案例，显示了不同计算顺序会产生不同的结果：

```
1 // EvaluationOrder.scala
2
3 val sunny = true
4 val hoursSleep = 6
5 val exercise = false
6 val temp = 55
```

```

7
8  val happy1 = sunny && temp > 50 ||
9    exercise && hoursSleep > 7
10 println(happy1) // true
11
12 val sameHappy1 = (sunny && temp > 50) ||
13  (exercise && hoursSleep > 7)
14 println(sameHappy1) // true
15
16 val notSame =
17  (sunny && temp > 50 || exercise) &&
18  hoursSleep > 7
19 println(notSame) // false

```

我们再介绍一些布尔代数的知识: `&&` 表示“与”，只有在其左边和右边的布尔表达式都为 `true` 时才会产生 `true`。上例中，布尔表达式是 `sunny && temp > 50` 和 `exercise && hoursSleep > 7`。`||` 表示“或”，在该操作符左边和右边的表达式中只要有一个为 `true` (或者两个都为 `true`)，那么就产生 `true`。 61

第 8 ~ 9 行表示“如果阳光明媚 (`sunny`) 并且温度 (`temp`) 大于 50，或者我已经锻炼过了 (`exercise`) 并且睡眠超过 7 小时 (`hoursSleep > 7`)”。但是“与”的优先级高于“或”还是低于“或”呢？

第 8 ~ 9 行使用的是 Scala 缺省的计算顺序。这会产生与第 12 ~ 13 行 (没有括号，先计算“与”，然后是“或”) 相同的结果。第 16 ~ 18 行通过使用括号产生不同的结果，在其表达式中，我们只有在睡眠超过 7 小时时才会觉得幸福。

当你不能确定 Scala 将选择何种计算顺序时，可以通过使用括号来强调你的意图，这样做也可以让阅读你的代码的人感到更清楚。

`BMI.scala` 使用 `Double` 来表示体重和身高。下面是使用 `Int` 的版本 (用英制单位而不是公制单位):

```

1 // IntegerMath.scala
2
3 val lbs = 160
4 val height = 68
5
6 val bmi = lbs / (height * height) * 703.07
7
8 if (bmi < 18.5) println("Underweight")
9 else if (bmi < 25) println("Normal weight")
10 else println("Overweight")

```

Scala 会认为 `lbs` 和 `height` 都是整数 (`Int`)，因为它们的初始值都是整

62

数（没有小数点）。当你用一个整数除以另一个整数时，Scala 会产生整数结果。在整数除法中处理余数的标准方式是截尾，即“将余数切下来并丢弃”（没有舍入）。因此如果用 5 除以 2，会得到 2，而  $7/10$  为 0。当 Scala 在第 6 行计算 `bmi` 时，用 160 除以  $68*68$ ，得到的结果为 0。然后用 703.07 乘以 0 得到 0。我们之所以得到这种意外的结果，就是因为整数算术运算的规则。为了避免这个问题，将 `lbs` 或 `height` 之一声明为 `Double`（如果你愿意，也可以两者都声明成 `Double`）。还可以在初始值的末尾增加“.0”来告诉 Scala 将其推断为 `Double`。

## 练习

1. 编写一个表达式，如果天空晴朗（`sunny`）并且温度在 80 华氏度以上，那么就将其计算为 `true`。
2. 编写一个表达式，如果天空晴朗（`sunny`）或多云（`partly cloudy`），并且温度在 80 华氏度以上，那么就将其计算为 `true`。
3. 编写一个表达式，如果天空晴朗（`sunny`）或多云（`partly cloudy`），并且温度在 80 华氏度以上或 20 华氏度以下，那么就将其计算为 `true`。
4. 将华氏度转换为摄氏度。提示：先减去 32，然后再乘以  $5/9$ 。如果得到的是 0，那么请确保你没有执行整数算术运算。
5. 将摄氏度转换为华氏度。提示：先乘以  $9/5$ ，然后再加上 32。用这个程序来检查你为上个练习编写的解决方案。

63

## 组合表达式

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

通过学习表达式，你已经知道在 Scala 中几乎一切都是表达式，并且表达式可以包含一行代码，也可以包含用花括号括起来的多行代码。现在，我们要将不需要花括号的基本表达式和必须用花括号括起来的组合表达式区分开。组合表达式可以包含任意数量的其他表达式，包括其他被花括号括起来的表达式。

下面是一个简单的组合表达式：

```
scala> val c = { val a = 11; a + 42 }
c: Int = 53
```

注意，`a` 是在组合表达式内部定义的。最后一个表达式的结果将成为组合表达式的结果，这里就是 REPL 报告的 11 和 42 的和。但是 `a` 会怎样呢？一旦离开组合表达式（移动到花括号的外部），那么就不能再访问 `a` 了。它是一个临时变量，一旦退出表达式的作用域，它就被丢弃了。

下面是一个组合表达式的例子，它可以根据 `hour` 的值确定生意是开张还是打烊：

```
1 // CompoundExpressions1.scala
2
3 val hour = 6
4
5 val isOpen = {
6   val opens = 9
7   val closes = 20
8   println("Operating hours: " +
9     opens + " - " + closes)
10  if(hour >= opens && hour <= closes) {
11    true
12  } else {
13    false
14  }
15 }
16 println(isOpen)
17
18 /* Output:
```

```

19  Operating hours: 9 - 20
20  false
21  */

```

注意，第 8 ~ 9 行中的字符串可以用 + 符号组装在一起。布尔操作符 `>=` 会在其左边的表达式大于等于右边的表达式时返回 `true`。与此类似，布尔操作符 `<=` 会在其左边的表达式小于等于右边的表达式时返回 `true`。第 10 行检查 `hour` 是否处于开门时间和打烊时间之间，因此我们使用布尔操作符 `&&`（与）将两个表达式组合起来。

下面的表达式包含了额外的被大括号括起来的嵌套级别：

```

1  // CompoundExpressions2.scala
2
3  val activity = "swimming"
4  val hour = 10
5
6  val isOpen = {
7      if(activity == "swimming" ||
8          activity == "ice skating") {
9          val opens = 9
10         val closes = 20
11         println("Operating hours: " +
12             opens + " - " + closes)
13         if(hour >= opens && hour <= closes) {
14             true
15         } else {
16             false
17         }
18     } else {
19         false
20     }
21 }
22
23 println(isOpen)
24 /* Output:
25 Operating hours: 9 - 20
26 true
27 */

```

65

`CompoundExpressions1.scala` 中的组合表达式被插入第 9 ~ 17 行，并添加了额外的表达式层次，即在第 7 行添加了 `if` 表达式，用来校验是否确实需要检查开门时间。布尔操作符 `==` 在其两边的表达式相等时会返回 `true`。

像 `println` 这样的表达式并不会产生结果，而组合表达式也并非必须产生结果：

```
scala> val e = { val x = 0 }
e: Unit = ()
```

上面的代码中，由于定义 `x` 不会产生结果，因此该组合表达式也不会产生结果。REPL 展示了这种表达式的类型为 `Unit`。

产生结果的表达式可以简化代码：

```
1 // CompoundExpressions3.scala
2 val activity = "swimming"
3 val hour = 10
4
5 val isOpen = {
6   if(activity == "swimming" ||
7     activity == "ice skating") {
8     val opens = 9
9     val closes = 20
10    println("Operating hours: " +
11      opens + " - " + closes)
12    (hour >= opens && hour <= closes)
13  } else {
14    false
15  }
16 }
17
18 println(isOpen)
19 /* Output:
20 Operating hours: 9 - 20
21 true
22 */
```

第 12 行是 `if` 语句的“`true`”部分的最后一个表达式，因此它会成为当 `if` 计算为 `true` 时的结果。

## 练习

1. 在条件表达式的练习 3 中，你检查了 `a` 是否小于 `c`，以及 `b` 是否小于 `c`。重复上面的练习，但是这次需要判断是否小于等于。
2. 在前一个练习中添加解决方案。首先用单个 `if` 检查 `a` 和 `b` 是否都小于等于 `c`，如果不是，那么检查它们中是否有一个小于等于 `c`。如果将 `a` 设置为 1，将 `b` 设置为 5，将 `c` 设置为 5，你应该看到“`both are!`”。如果将 `b` 设置为 6，你应该看到“`one is and one isn't!`”。
3. 修改 `CompoundExpression2.scala`，增加一个用于 `goodTemperature` 的组合表达式。为每一项活动都选择一个高温和低温，并且基于这两个温度确



66



67

定是否想要开展这项活动以及对应的活动设施是否开放。打印比较的结果，并将其与下面的输出进行匹配。在为 `goodTemperature` 定义好表达式后，使用下面的代码来实现相应的功能。

```
val doActivity = isOpen && goodTemperature
println(activity + ": " + isOpen + " && " +
    goodTemperature + " = " + doActivity)
/* Output
(run 4 times, once for each activity):
swimming: false && false = false
walking: true && true = true
biking: true && false = false
couch: true && true = true
*/
```

4. 创建一个组合表达式，用于确定是否要开展某项活动。例如，如果距离小于 6 英里，就开展跑步活动；如果距离小于 20 英里，就开展骑自行车活动；如果距离小于 1 英里，就开展游泳活动。你可以选择并设置组合表达式。然后，用各种距离和活动进行测试并打印出结果。下面是供参考代码模板：

```
val distance = 9
val activity = "running"
val willDo = // fill this in
/* Output
(run 3 times, once for each activity):
running: true
walking: false
biking: true
*/
```

# 总结1

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

本原子将总结并复习从值到组合表达式的所有原子。如果你是一位经验丰富的程序员，那么本原子应该是你在安装 Scala 之后阅读的第一个原子。编程初学者应该阅读本原子并完成后面的练习，作为对前面内容的复习。

如果你对本原子中的任何信息感到费解，那么就回过头去研究前面相关主题的原子。

## 值、数据类型和变量

一旦赋过值，那么就不能再次赋值。要创建一个值，需要使用 `val` 关键字，后面跟着（你选择的）标识名、冒号和值的类型，接下来是一个等号以及要赋给 `val` 的值：

```
val name:type = initialization
```

Scala 的类型推断通常可以根据初始化代码自动地确定类型。因此，可以使用下面这个更简单的定义：

```
val name = initialization
```

因此，下面两行语句都是有效的：

```
val daysInFebruary = 28
val daysInMarch:Int = 31
```

变量定义看起来是相同的，只需用 `var` 替代 `val`：

```
var name = initialization
var name:type = initialization
```

69

与 `val` 不同，你可以修改 `var`，因此下面的语句是有效的：

```
var hoursSpent = 20
hoursSpent = 25
```

但是，类型不能修改，因此下面的语句会报错：

```
hoursSpent = 30.5
```

## 表达式和条件式

在大多数编程语言中，最小的有效构成部分要么是语句，要么是表达式。它们只有一个简单的差异：

语句改变状态

表达式用于表达

即表达式会产生结果，而语句不会。因为不返回任何东西，所以语句必须改变周围环境的状态才能使得其执行的操作有意义。

Scala 中几乎一切都是表达式。通过 REPL 来执行下面的代码：

```
scala> val hours = 10
scala> val minutesPerHour = 60
scala> val minutes = hours * minutesPerHour
```

在每行代码中，= 右边的都是表达式。它们会产生赋值给左边的 val 的结果。

某些表达式（例如 `println`）看起来不会产生结果。Scala 对这种情况设计了一种特殊的 `Unit` 类型：

```
scala> val result = println("???")
???
result: Unit = ()
```

条件表达式可以同时包含 `if` 和 `else` 表达式。整个 `if` 自身是一个表达式，因此它可以产生一个结果：

```
scala> if (99 < 100) { 4 } else { 42 }
res0: Int = 4
```

因为我们没有创建 `var` 或 `val` 标识符来保存该表达式的值，因此 REPL 会将该值赋给临时变量 `res0`。你可以自己指定值来保存该值：

```
scala> val result = if (99 < 100) { 4 } else { 42 }
result: Int = 4
```

在 REPL 中键入多行表达式时，通过 `:paste` 命令设置粘贴模式会非常有用，因为在这种模式下，直到键入 `CTRL-D` 时才会解释执行代码。粘贴模式对于将大块代码复制并粘贴到 REPL 中的情况非常有用。

## 计算顺序

如果不确定 Scala 会以什么顺序计算表达式，那么就用括号来强调你的意图。这样做也可以让阅读代码的人感到更清楚。理解计算顺序有助于理解程序的行为，无论是逻辑操作（布尔表达式）还是算术操作。

用一个 `Int` 除以另一个 `Int` 时，Scala 会产生一个 `Int` 结果，并且截断余数。因此 `1/2` 产生 0。如果其中一个是 `Double`，那么 `Int` 会在操作前先提升至 `Double`，因此 `1.0/2` 产生 0.5。

你可能会期待下面的表达式产生 3.4：

```
scala> 3.0 + 2/5
res1: Double = 3.0
```

但是它没有。按照计算顺序，Scala 会先计算 2 除以 5，这个整数算术运算会产生 0，因而最终答案是 3.0。下面的表达式采用的是相同的计算顺序，但是会产生期望的值：

```
scala> 3 + 2.0/5
res3: Double = 3.4
```

2.0 除以 5 产生 0.4，而 3 会被提升为 `Double`，因为我们把它加到了一个 `Double` 上，所以最后产生 3.4。

## 组合表达式

组合表达式包含在花括号中，它可以包含任意数量的其他表达式，包括其他被花括号括起来的表达式。例如：

```
1 // CompoundBMI.scala
2 val lbs = 150.0
3 val height = 68.0
4 val weightStatus = {
5   val bmi = lbs/(height * height) * 703.07
6   if(bmi < 18.5) "Underweight"
7   else if(bmi < 25) "Normal weight"
8   else "Overweight"
9 }
10 println(weightStatus)
```

表达式内部定义的值（例如第 5 行定义的 `bmi`）在该表达式的作用域之外是不可访问的。注意，`lbs` 和 `height` 在组合表达式的内部是可访问的。

组合表达式的值就是其最后一个表达式的值。上面例子的值就是 `String`

"Normal weight"。

有经验的程序员应该在完成下面的练习后直接跳到总结 2。

## 练习

在 REPL 中完成练习 1 ~ 8。

1. 存储并打印一个 `Int` 值。
2. 尝试修改这个值，会发生什么？
3. 创建一个 `var`，并将其初始化为 `Int`，然后尝试将其重新赋值为 `Double`，会发生什么？
4. 存储并打印一个 `Double`。你使用类型推断了吗？尝试声明该类型。
5. 如果试图将数字 15 存储到一个 `Double` 值中，会发生什么？
6. 存储一个多行 `String`（参见数据类型）并打印。
7. 如果试图将 `String` “maybe” 存储到一个 `Boolean` 值中，会发生什么？
8. 如果试图将数字 15.4 存储到一个 `Int` 值中，会发生什么？
9. 修改 `CompoundBMI.scala` 中的 `weightStatus`，使其产生 `Unit` 而不是 `String`。
10. 修改 `CompoundBMI.scala`，使其在 `BMI` 等于 22.0 时产生 `idealWeight`。

提示：

```
idealWeight = bmi * (height * height) / 703.07
```

# 方法

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

方法是打包在某个名字下的小程序。在使用方法时（有时也称为调用方法）就会执行这个小程序。方法将一组活动组合起来并赋予一个名字，这是组织程序的最基本方式。

通常需要将信息传递给方法，而方法将使用这些信息来计算结果，最终会返回结果。在 Scala 中，方法的基本形式为：

```
def methodName(arg1:Type1, arg2:Type2, ...):returnType = {
  lines of code
  result
}
```

方法定义以关键字 `def` 开始，后面跟着方法名和括号中的参数列表。参数是传递给方法的信息，每个参数都有一个名字，后面跟着冒号和参数类型。参数列表的右括号的后面跟着一个冒号和调用方法时方法所产生的结果类型。最后是一个等号，声明“下面是方法体本身”。在方法体中的代码行被括在花括号中，最后一行是方法执行完成时返回的结果。注意，这与我们在组合表达式中描述的行为一样：方法体是一个表达式。

你不必为结果的产生做任何特别的声明，方法的最后一行就是其结果。下面是一个示例：

```
1 // MultiplyByTwo.scala
2
3 def multiplyByTwo(x:Int):Int = {
4   println("Inside multiplyByTwo")
5   x * 2 // Return value
6 }
7
8 val r = multiplyByTwo(5) // Method call
9 println(r)
10 /* Output:
11 Inside multiplyByTwo
12 10
13 */
```

在第 3 行可以看到 `def` 关键字、方法名、由单个参数构成的参数列表，以及从方法返回的类型。注意，声明参数和声明 `val` 是一样的：参数名、冒号和类型。因此，该方法会接受一个 `Int`，并返回一个 `Int`。第 4 行和第 5 行是方法体。注意，第 5 行会执行一个计算，并且因为它是最后一行，所以该计算的结果会成为该方法的结果。

第 8 行通过使用恰当的参数进行调用而运行了该方法，并且将结果捕获到值 `r` 中。该方法调用与其声明形式保持一致：方法名，后面跟着在括号中的参数。

注意，`println` 也是一个方法调用，只是它是由 Scala 定义的方法而已。

现在，方法中的所有行（可以在其中放置很多行）都可以通过单个的调用得到执行，这使得方法名 `multiplyByTwo` 就像这些代码的缩写一样。这就是为什么说方法是编程中简化和代码复用的最基本形式。还可以将方法看作具有可替换值（参数）的表达式。

75

我们再来看两个方法定义：

```

1  // AddMultiply.scala
2
3  def addMultiply(x:Int,
4      y:Double, s:String):Double = {
5      println(s)
6      (x + y) * 2.1
7  }
8
9  val r2:Double = addMultiply(7, 9,
10    "Inside addMultiply")
11  println(r2)
12
13 def test(x:Int, y:Double,
14    s:String, expected:Double):Unit = {
15    val result = addMultiply(x, y, s)
16    assert(result == expected,
17        "Expected " + expected +
18        " Got " + result)
19    println("result: " + result)
20  }
21
22 test(7, 9, "Inside addMultiply", 33.6)
23
24 /* Output:
25 Inside addMultiply
26 33.6
27 Inside addMultiply
28 result: 33.6
29 */

```

`addMultiply` 接受三个具有三种不同类型的参数，它会打印出第三个参数，即一个 `String`，然后返回一个 `Double` 值，即第 6 行的计算结果。

第 13 行开始是另一种方法，只定义了如何测试 `addMultiply` 方法。在前面的原子中，我们打印输出，并完全依赖肉眼观察输出的差异。这显然是不可靠的，即使在本书中，我们对代码进行了慎之又慎的检查，但仍旧发现依靠这种方法来发现错误是不靠谱的。因此 `test` 方法会将 `addMultiply` 的结果和预期结果进行比较，如果两者不一致，就会产生出错信息。

第 16 行的 `assert` 是 Scala 定义的方法，它接受一个布尔表达式和一个 `String` 消息（用若干 `+` 构建的 `String`）。如果表达式为 `false`，Scala 就会打印出该消息，并且停止执行该方法中的代码。这就是在抛出异常，Scala 会打印出许多信息，以帮助你查清到底发生了什么，包括异常发生处的行号。试试看，将第 22 行最后一个参数（期望值）修改为 40.1。你将会看到类似下面的内容：

```
Inside addMultiply
33.6
Inside addMultiply
java.lang.AssertionError: assertion failed: Expected 40.1
Got 33.6
  at scala.Predef$.assert(Predef.scala:173)
  at Main$$anon$1.test(AddMultiply.scala:16)
  at Main$$anon$1.<init>(AddMultiply.scala:22)
  at Main$.main(AddMultiply.scala:1)
  at Main.main(AddMultiply.scala)
  [下面还删除了很多行]
```

注意，如果 `assert` 失败了，那么第 19 行就再也不会运行，这是因为异常会中止程序的执行。

你还应该了解更多关于异常的知识，但是现在只需知道异常会产生错误消息就行了。

注意，`test` 不返回任何值，因此我们显式地在第 14 行声明其返回类型为 `Unit`。对于不返回任何结果的方法，调用是为了实现方法的副作用，即它们执行的操作，这些操作有别于返回结果。

编写方法时，选择描述性的名字会使代码易于阅读，并且会减小撰写代码注释的必要性。我们在本书中使用的名字并没有直白到预想的程度，这是因为代码行的宽度受到书籍页面宽度的限制。

在其他 Scala 代码中，除了本原子中展示的形式外，还会看到许多编写方

法的形式。Scala 在此方面的表达能力非常强，这使得编写和阅读代码都省时省力。但是，立马介绍所有形式会把你弄懵，因为你才刚刚开始学习这门语言，因此现在我们只使用这种形式，在你更适应 Scala 之后，我们再引入别的形式。

## 练习

1. 创建方法 `getSquare`，它接受一个 `Int` 参数并返回其平方。打印答案并使用下面的代码进行测试：

```
val a = getSquare(3)
assert(/* fill this in */)
val b = getSquare(6)
assert(/* fill this in */)
val c = getSquare(5)
assert(/* fill this in */)
```

2. 创建方法 `getSquareDouble`，它接受一个 `Double` 参数并返回其平方。打印答案。这个练习和练习 1 有何不同？使用下面的代码检查你的解决方案

```
val sd1 = getSquareDouble(1.2)
assert(1.44 == sd1, "Your message here")
val sd2 = getSquareDouble(5.7)
assert(32.49 == sd2, "Your message here")
```

78

3. 创建方法 `isArg1GreaterThanOrArg2`，它接受两个 `Double` 参数。如果第一个参数比第二个大，那么返回 `true`，否则返回 `false`。打印答案，它需要满足下面的测试：

```
val t1 = isArg1GreaterThanOrArg2(4.1, 4.12)
assert(/* fill this in */)
val t2 = isArg1GreaterThanOrArg2(2.1, 1.2)
assert(/* fill this in */)
```

4. 创建方法 `getMe`，它接受一个 `String` 并返回同一个 `String`，但是全部都转为小写字母（有一个现成的 `String` 方法，名为 `toLowerCase`）。打印答案，它需要满足下面的测试：

```
val g1 = getMe("abraCaDabra")
assert("abracadabra" == g1,
      "Your message here")
val g2 = getMe("zyxwVUT")
assert("zyxwvut" == g2, "Your message here")
```

5. 创建方法 `addStrings`，它接受两个 `String` 参数，并返回连缀在一起的

**String** (使用 `+`)。打印答案，它需要满足下面的测试：

```
val s1 = addStrings("abc", "def")
assert(/* fill this in */)
val s2 = addStrings("zyx", "abc")
assert(/* fill this in */)
```

6. 创建方法 `manyTimesString`，它接受一个 `String` 和一个 `Int` 参数，并返回第一个参数重复第二个参数表示的次数后得到的 `String`。打印答案，它需要满足下面的测试：

```
val m1 = manyTimesString("abc", 3)
assert("abcaabcabc" == m1,
      "Your message here")
val m2 = manyTimesString("123", 2)
assert("123123" == m2, "Your message here")
```

7. 在计算顺序的练习中，你用体重（磅）和身高（英尺）计算过体重指数（BMI）。改写该方法，它需要满足下面的测试：

```
val normal = bmiStatus(160, 68)
assert("Normal weight" == normal,
      "Expected Normal weight, Got " + normal)
val overweight = bmiStatus(180, 60)
assert("Overweight" == overweight,
      "Expected Overweight, Got " +
      overweight)
val underweight = bmiStatus(100, 68)
assert("Underweight" == underweight,
      "Expected Underweight, Got " +
      underweight)
```

79

1

80



## 类和对象

ATOMIC SCALA: Learn Programming by Solving Problems with Scala

对象是包括 Scala 在内的众多现代编程语言的基础。在面向对象编程语言中，我们会考虑待解决问题中的“名词”，并将这些名词转译为保存数据和执行动作的对象。面向对象语言面向的就是创建和使用对象。

Scala 不仅仅是面向对象语言，它还是函数式语言。在函数式语言中，我们会考虑“动词”，即希望执行的动作，并且通常会将这些动作描述成数学上的等式。

Scala 迥异于其他许多编程语言，因为它既支持面向对象编程又支持函数式编程。本书聚焦在对象方面，只会引入少量函数式方面的内容。

对象包含存储数据用的 `val` 和 `var` (称为域)，并且使用方法来执行操作。类定义了域和方法，它们使得类在本质上就是用户定义的新数据类型。构建某个类的 `val` 或 `var` 称为创建对象或创建实例。我们甚至将诸如 `Double` 和 `String` 这样的内建类型的实例也称为对象。

考虑一下 Scala 的 `Range` 类：

```
val r1 = Range(0, 10)
val r2 = Range(5, 7)
```

每个对象在内存中都有自己专用的一块存储。例如，`Range` 是一个类，但是特定范围 `0 ~ 10` 的 `r1` 是一个对象，它与范围 `5 ~ 7` 的 `r2` 是不同的。因此我们有一个 `Range` 类，但是有两个 `Range` 的对象或实例。

81

类可以有许多操作 (方法)。在 Scala 中，使用 REPL 可以很容易地对类进行探究，这使得它具有补全代码这个非常有价值的特性。这意味着当你开始键入某些代码时，敲击 TAB 键，REPL 就会尝试补全正在输入的内容。如果不能补全，那么就会提供一个可供选择的列表。通过这种方式，我们可以在任何类上发现所有可能的操作 (REPL 将给出许多信息，你可以先忽略所有我们还未讨论的内容)。

让我们在 REPL 中查看 `Range`。首先，我们创建一个 `Range` 类型的名为 `r` 的对象：

```
scala> val r = Range(0, 10)
```

现在如果我们在该标识符的后面键入圆点，然后按下 TAB，那么 REPL 将展示所有可能的补全选项：

```
scala> r.(PRESS THE TAB KEY)
++          ++
+:
/:\
:\          addString
aggregate  andThen
apply       applyOrElse
asInstanceOf  by
canEqual   collect
collectFirst combinations
companion  compose
contains   containsSlice
copyToArray copyToBuffer
corresponds count
diff        distinct
drop        dropRight
dropWhile  end
endsWith   exists
filter     filterNot
find       flatMap
flatten   fold
foldLeft  foldRight
forall    foreach
genericBuilder groupBy
grouped   hasDefiniteSize
head      headOption
inclusive indexOf
indexSlice indexOfWhere
indices   init
inits     intersect
isDefinedAt isEmpty
isInclusive isInstanceOf
isTraversableAgain iterator
last      lastElement
lastIndexOf lastIndexOfSlice
lastIndexWhere lastOption
length    lengthCompare
lift      map
max      maxBy
min      minBy
mkString  nonEmpty
numRangeElements orElse
padTo    par
partition patch
```

permutations	prefixLength
product	reduce
reduceLeft	reduceLeftOption
reduceOption	reduceRight
reduceRightOption	repr
reverse	reverseIterator
reverseMap	run
runWith	sameElements
scan	scanLeft
scanRight	segmentLength
seq	size
slice	sliding
sortBy	sortWith
sorted	span
splitAt	start
startsWith	step
stringPrefix	sum
tail	tails
take	takeRight
takeWhile	terminalElement
to	toArray
toBuffer	toIndexedSeq
toIterable	toIterator
toList	toMap
toSeq	toSet
toStream	toString
toTraversable	toVector
transpose	union
unzip	unzip3
updated	validateRangeBoundaries
view	withFilter
zip	zipAll

对于 Range 来说，可用操作的数量非常惊人。其中某些操作简单直白，例如 reverse，而某些则需要在使用之前好好研究一番。如果尝试调用其中的某些操作，REPL 就会告诉你需要更多的参数。要想充分了解这些操作以便对其进行调用，就需要在 Scala 的文档中查找它们，我们将在下一个原子中讨论这个问题。

**警告：**尽管 REPL 是非常有用的工具，但是它也有缺陷和限制。特别是，它经常无法显示每一种可能的补全。上面所示的列表在初学时很有用，但是千万不要以为它已经穷举了所有操作，Scala 文档中可能还包括其他特性。另外，REPL 和脚本对于常规的 Scala 程序来说，其行为有时并不恰当。

Range 是一种对象，而对象上定义的特性就是你能够在对象上执行的操作。与“执行操作”的说法不同，我们有时称之为发送消息或调用方法。为了

在一个对象上执行某个操作，需要给出该对象的标识符，后面跟着圆点，之后是操作的名字。因为 `reverse` 是为 `Range` 定义的方法，所以可以在 REPL 中通过声明 `r.reverse` 来调用它，而它会将我们之前创建的 `Range` 对象的顺序颠倒过来，产生 `(9,8,7,6,5,4,3,2,1)`。

现在，你已经知道了什么是对象以及如何使用对象。很快，你将会学习如何定义自己的类。

## 练习

1. 创建一个 `Range` 对象并打印其 `step` 值。用值为 2 的 `step` 创建第二个 `Range` 对象，然后打印其 `step` 值。这两者有何不同？
2. 创建一个 `String` 对象，将其初始化为 “`This is an experiment`”，然后在其上调用 `split` 方法，调用时将一个空格作为参数传递给 `split` 方法。
3. 创建一个 `String` 对象 `s1`（作为 `var`），将其初始化为 “`Sally`”。创建第二个 `String` 对象 `s2`（作为 `var`），将其初始化为 “`Sally`”。使用 `s1.equals(s2)` 来确定这两个 `String` 是否相等。如果相等，则打印 “`s1 and s2 are equal`”，否则打印 “`s1 and s2 are not equal`”。
4. 按照练习 3 的要求，将 `s2` 设置为 “`Sam`”。这两个字符串还匹配吗？如果匹配，则打印 “`s1 and s2 are equal`”，否则打印 “`s1 and s2 are not equal`”。请确认 `s1` 是否仍设置为 “`Sally`”？
5. 按照练习 3 的要求，通过在 `s1` 上调用 `toUpperCase` 创建第三个 `String` 对象 `s3`。调用 `contentEquals` 来比较字符串 `s1` 和 `s3`。如果匹配，则打印 “`s1 and s3 are equal`”，否则打印 “`s1 and s3 are not equal`”。提示：使用 `s1.toUpperCase`。

 ScalaDoc

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of

Scala 提供了用于获取有关类的文档的便捷方式。尽管 REPL 可以展示某个类的可用操作，但是 ScalaDoc 提供的信息要详细得多。当你碰到问题时，可以在一个窗口中用 REPL 来运行快速实验，而在另一个窗口中打开 ScalaDoc 文档。

可以将文档安装在计算机上（参见下面的内容），或者在下面的链接处在线查找：

[www.scala-lang.org/api/current/index.html](http://www.scala-lang.org/api/current/index.html)

试着在左上方的搜索框中键入 Range，并在其下方直接查看搜索结果。你会看到若干包含 Range 的项，点击 Range，在右侧的窗口就会显示有关 Range 类的所有文档。注意，右侧窗口也有自己的搜索框，就在页面大约一半的位置上。在 Range 的搜索框中键入前一个原子中列出的某个操作并向下滑动，就可以查看结果。尽管你此刻还不理解 Scala 文档的大部分内容，但是培养使用 Scala 文档的习惯非常有必要，因为这样你就会对查找 Scala 的各类信息变得得心应手。

注意，在本书写作时，ScalaDoc 中还存在一个遗漏的错误。某些 Scala 类实际上是 Java 类，它们从 Scala 2.8 开始就从 ScalaDoc 中移除了。本书中我们经常使用的 String 就是一个 Java 类的例子，Scala 程序员使用它时就像它是一个 Scala 类一样。下面的链接是有关 String 的（Java）文档：

[docs.oracle.com/javase/6/docs/api/java/lang/String.html](http://docs.oracle.com/javase/6/docs/api/java/lang/String.html)

# 创建类



**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

除了使用 `Range` 这样的预定义类型，我们还可以定义自己的对象类型。实际上，创建新类型包含了面向对象编程中的许多活动。可以通过定义类来创建新类型。

对象是针对待解决问题的解决方案的有机组成部分。我们先将对象当作表达概念的方式，如果你发现了待解决问题中的某样“事物”，那么就将其看作解决方案中的对象。例如，假设你正在创建一个管理动物园中动物的程序，那么每一只动物就都会变成程序中的对象。

对不同类型的动物进行分类是有实际意义的，分类依据可以是动物的行为、需求、共生动物和天敌等，任何（在你关注的解决方案中）有别于其他物种的特性都被囊括在动物对象的分类中。Scala 提供了 `class` 关键字来创建新的对象类型：

```

1 // Animals.scala
2
3 // Create some classes:
4 class Giraffe
5 class Bear
6 class Hippo
7
8 // Create some objects:
9 val g1 = new Giraffe
10 val g2 = new Giraffe
11 val b = new Bear
12 val h = new Hippo
13
14 // Each object is unique:
15 println(g1)
16 println(g2)
17 println(h)
18 println(b)

```

89

以 `class` 开头，后面跟着你为新类起的名字。类名必须以英文字母（大写或小写）开头，但是可以包含诸如数字和下划线这样的字符。按照惯例，我们将类名的首字母大写，而所有 `val` 和 `var` 的首字母小写。

第 4 ~ 6 行定义了三个新类，第 9 ~ 12 行使用 `new` 创建了这些类的对象（也称为实例）。在 `new` 关键字后面给出类名，它就会创建该类的新对象。

`Giraffe` 是一个类，但是一只特定的在亚利桑那州生活的五岁雄鹿是一个对象。在创建新对象时，它与其他所有对象都是有差别的，因此我们为其赋予类似 `g1` 和 `g2` 这样的名字。可以在第 15 ~ 18 行的略显晦涩的输出中看到它们的唯一性，具体内容如下：

```
Main$$anon$1$Giraffe@53f64158
Main$$anon$1$Giraffe@4c3c2378
Main$$anon$1$Hippo@3cc262
Main$$anon$1$Bear@14fdb00d
```

如果移除公共部分 `Main$$anon$1$`，就会看到：

```
Giraffe@53f64158
Giraffe@4c3c2378
Hippo@3cc262
Bear@14fdb00d
```

90

@ 之前的部分是类名，后面的数字（它们确实是数字，尽管中间包含一些字母，这种形式称为“十六进制表示法”，在维基百科上可以找到相关解释）是这些对象在计算机内存中的地址。

这里定义的类（`Giraffe`、`Bear` 和 `Hippo`）都尽可能简单：整个类的定义只有一行。更复杂的类会使用花括号来描述类的特性和行为，其代码可以和创建对象一样简单：

```
1 // Hyena.scala
2
3 class Hyena {
4   println("This is in the class body")
5 }
6 val hyena = new Hyena
```

在花括号中的代码就是类体，当对象被创建时就会执行。

## 练习

1. 创建类 `Hippo`、`Lion`、`Tiger`、`Monkey` 和 `Giraffe`，然后对每个类都创建一个实例。显示这些对象，你是否看到了 5 个不同的看起来很丑陋的（但是都是唯一的）字符串？数数看并仔细研究一下。

2. 创建 `Lion` 的第二个实例以及另外两个 `Giraffe` 实例。打印这些对象。它们与最初创建的对象是否不同？
3. 创建一个类 `Zebra`，在创建其对象时会打印“`I have stripes`”。对这个类进行测试。

## 类中的方法

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edit

在类中可以定义属于这个类的方法。下面的 `bark` 方法就属于 `Dog` 类：

```
1 // Dog.scala
2 class Dog {
3     def bark():String = { "yip!" }
4 }
```

方法是通过对象名后面跟着 . (圆点) 以及方法名和参数列表来调用的。在下面的代码中，我们在第 7 行调用了 `meow` 方法，并使用 `assert` 来验证结果：

```
1 // Cat.scala
2 class Cat {
3     def meow():String = { "mew!" }
4 }
5
6 val cat = new Cat
7 val m1 = cat.meow()
8 assert("mew!" == m1,
9       "Expected mew!, Got " + m1)
```

方法对类中的其他元素有特殊的访问方式：例如，在类中无需使用圆点（即不进行限定）即可访问该类中的其他方法。在下面的代码中，`exercise` 方法没有进行限定就调用了 `speak` 方法：

```
1 // Hamster.scala
2 class Hamster {
3     def speak():String = { "squeak!" }
4     def exercise():String = {
5         speak() + " Running on wheel"
6     }
7 }
8
9 val hamster = new Hamster
10 val e1 = hamster.exercise()
11 assert(
12       "squeak! Running on wheel" == e1,
```

```

13  "Expected squeak! Running on wheel" +
14  ", Got " + e1)

```

在类的外部，必须使用 `hamster.exercise` (就像第 10 行) 以及 `hamster.speak`。

我们在方法中创建的方法并未出现在类的定义内部，但是事实证明，在 Scala 中所有事物都是对象。当我们使用 REPL 或运行脚本时，Scala 会将所有不在类的内部的方法以不可视的方式打包到一个对象的内部。

## 练习

1. 创建 `Sailboat` 类，它的方法包括“升帆”和“降帆”，分别打印“Sails raised”和“Sails lowered”。创建 `Motorboat` 类，它的方法包括“启动摩托”和“熄火摩托”，分别返回“Motor on”和“Motor off”。创建一个 `Sailboat` 类的对象（实例）。使用 `assert` 来验证：

```

val r1 = sailboat.raise()
assert(r1 == "Sails raised",
       "Expected Sails raised, Got " + r1)
val r2 = sailboat.lower()
assert(r2 == "Sails lowered",
       "Expected Sails lowered, Got " + r2)
val motorboat = new Motorboat
val s1 = motorboat.on()
assert(s1 == "Motor on",
       "Expected Motor on, Got " + s1)
val s2 = motorboat.off()
assert(s2 == "Motor off",
       "Expected Motor off, Got " + s2)

```

93

2. 创建新类 `Flare`，并在 `Flare` 中定义 `light` 方法。你的代码应该满足下面的验证：

```

val flare = new Flare
val f1 = flare.light
assert(f1 == "Flare used!",
       "Expected Flare used!, Got " + f1)

```

3. 在 `Sailboat` 和 `Motorboat` 类中都添加一个 `signal` 方法，该方法会创建一个 `Flare` 对象，并在该 `Flare` 对象上调用 `light` 方法。你的代码应该满足下面的验证：

```
val sailboat2 = new Sailboat2
```

```
94  
val signal = sailboat2.signal()  
assert(signal == "Flare used!",  
    "Expected Flare used! Got " + signal)  
val motorboat2 = new Motorboat2  
val flare2 = motorboat2.signal()  
assert(flare2 == "Flare used!",  
    "Expected Flare used!, Got " + flare2)
```

## 导入和包



**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

编程的基本原则之一是不要自我重复 (Don't Repeat Yourself, DRY)。重复代码不仅仅意味着额外的工作。因为只要在订正错误或改进代码时必须修改代码，那么就需要编写多份相同的代码段。每一段重复代码都是潜在的产生另一个错误的地方。

Scala 的 `import` 可以复用其他文件中的代码。使用 `import` 的一种方式是指定类名：

```
import packagename.classname
```

包是相关联代码的集合，每个包通常用来解决特定问题，并且经常包含多个类。例如，Scala 的标准 `util` 包中包含 `Random`，它可以产生随机数：

```
1 // ImportClass.scala
2 import util.Random
3
4 val r = new Random
5 println(r.nextInt(10))
6 println(r.nextInt(10))
7 println(r.nextInt(10))
```

在创建 `Random` 对象之后，第 5 ~ 7 行使用 `nextInt` 生成了 0 ~ 10 (但不包括 10) 的随机数。

`util` 包中还包含其他类和对象，例如 `Properties` 对象。要导入多个类，可以使用多个 `import` 语句：

95

```
1 // ImportMultiple.scala
2 import util.Random
3 import util.Properties
4
5 val r = new Random
6 val p = Properties
```

下面，我们用同一条 `import` 语句导入多个项：

```
1 // ImportSameLine.scala
```

```

2  import util.Random, util.Properties
3
4  val r = new Random
5  val p = Properties

```

下面，我们在单条 `import` 语句中将多个类组合起来：

```

1  // ImportCombined.scala
2  import util.{Random, Properties}
3
4  val r = new Random
5  val p = Properties

```

甚至可以修改导入的名字：

```

1  // ImportNameChange.scala
2  import util.{ Random => Bob,
3    Properties => Jill }
4
5  val r = new Bob
6  val p = Jill

```

96



如果想导入某个包中的所有事物，那么可以使用下划线：

```

1  // ImportEverything.scala
2  import util._
3
4  val r = new Random
5  val p = Properties

```

最后，如果你只在一处使用某个事物，那么可以选择略去 `import` 语句，而使用完全限定名：

```

1  // FullyQualify.scala
2
3  val r = new util.Random
4  val p = util.Properties

```

至此，本书示例中使用的都是简单的脚本，但是最终你肯定希望编写出能够在多处使用的代码。Scala 并不提倡复制代码，而是支持你创建并导入包。可以使用 `package` 关键字（它必须是文件中的第一条非注释语句）来创建自己的包，在 `package` 后面跟着的是包名（全小写）：

```

1  // PythagoreanTheorem.scala
2  package pythagorean
3
4  class RightTriangle {

```

```

5  def hypotenuse(a:Double, b:Double):Double={  

6      Math.sqrt(a*a + b*b)  

7  }  

8  def area(a:Double, b:Double):Double = {  

9      a*b/2  

10 }  

11 }

```

在第 2 行，我们命名了一个包 `pythagorean`，然后按照常用的方式定义了类 `RightTriangle`。注意，对源代码文件的命名没有任何特殊要求。

要使这个包能够被其他脚本访问，我们必须在 shell 命令行中使用 `scalac` 编译这个包：

```
scalac PythagoreanTheorem.scala
```

包不能是脚本，它们只能被编译。

一旦 `scalac` 完成编译，你就会发现有一个和包名一样的新目录，在这里该路径名为 `pythagorean`。在这个目录中，对每一个在 `pythagorean` 包中定义的类都有一个对应的文件，文件名为类名后面跟着 `.class`。

现在 `pythagorean` 包中的元素对于目录中的任何脚本来说都是可用的，使用 `import` 语句即可：

```

1 // ImportPythagorean.scala  

2 import pythagorean.RightTriangle  

3  

4 val rt = new RightTriangle  

5 println(rt.hypotenuse(3,4))  

6 println(rt.area(3,4))  

7 assert(rt.hypotenuse(3,4) == 5)  

8 assert(rt.area(3,4) == 6)

```

按照常规方式运行上面的脚本：

```
scala ImportPythagorean.scala
```

为了让上述脚本可以运行，需要在 `CLASSPATH` 中添加 `“.”`。Scala 2.11 及更低版本中存在一个 bug，导致类通过编译后，需要等待一段延迟时间才可导入。为了绕过这个 bug，可以使用 `nocompdaemon`：

```
scala -nocompdaemon ImportPythagorean.scala
```

包名应该是唯一的，Scala 社区有相关的惯例，即使用创建者的反向域包名来确保其唯一性。因为我们的域名是 `Atomicscala.com`，所以对于我们

的包来说，作为发布类库的一部分时，应将其命名为 `com.atomicscala.pythagorean`，而不仅仅是 `pythagorean`。这有助于避免与其他也使用了 `pythagorean` 名字的库产生名字冲突。

## 练习

1. 使用上述反向域名标准重命名 `pythagorean` 包。按照前面描述的步骤使用 `scalac` 构建它，并确保在你的计算机上创建了保存这些类的目录层次结构。修订上面的 `ImportPythagorean.scala`，存储为 `Solution-1.scala`。记着更新包导入语句以使用你的新类。确保测试可以正确运行。
2. 在练习 1 的解决方案中添加另一个类 `EquilateralTriangle`。创建一个带有参数 `side`（作为 `Double`）的 `area` 方法。在维基百科中查找一下这个公式。显示测试结果，并使用 `assert` 来验证它。
3. 修改 `ImportPythagorean.scala`，使用本原子中所展示的各种不同的导入方法。
4. 自己创建一个包含三个简单类的包（只定义类，无需给出类体）。使用本原子中的技术分别导入一个类、两个类和所有类，并展示在每种情况下你都能导入成功。



# 测试

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

健壮的代码必须不断测试，即在每次修改后都需要测试。对代码中某个部分的修改可能会意外地影响其他代码，而通过测试，你就会立即明确这种影响，并且知道是哪个变更引发了问题。如果无法立即发现问题，那么这些变更就会不断累积，你也就无从得知是哪个变更引发了问题，从而花费长得多的时间来跟踪问题。因此，不断测试是快速程序开发之根本。

因为测试是关键实践，所以我们尽早引入它，并将其贯穿于本书剩余部分。通过这种方式，你会习惯于将测试作为编程过程的一部分。

使用 `println` 来验证代码的正确性是一种比较弱的方法。你必须关注每次输出，并且有意识地确保它是对的。使用 `assert` 更好一些，因为它可以自动运行。但是，失败的 `assert` 会产生噪声输出，这些输出通常不够清晰。另外，我们也希望用更自然的语法来编写测试程序。

为了使本书的源代码易于测试，我们创建了自己的微型测试系统，目标是提供具备下列特性的最小化方法：

- ※ 紧挨表达式的右侧写出其预期结果，使代码更容易理解。
- ※ 显示某些输出，使你可以得知程序正在运行，即使所有测试都已成功也依然会产生此类输出。
- ※ 在实践过程中树立尽早测试的概念。
- ※ 无需下载或安装额外的程序即可工作。

尽管这个测试系统很有用，但是它并不适用于实际工作环境。有些专家长期致力于创建测试系统，特别是 Bill Venner 的 ScalaTest ([www.scalatest.org](http://www.scalatest.org))，它已经成为 Scala 测试的事实标准，因此当你开始编写真实项目的 Scala 代码时可将其用于测试。

100

在下面的代码中，第 2 行导入了我们的测试框架：

```

1 // TestingExample.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 val v1 = 11

```

```

5  val v2 = "a String"
6
7  // "Natural" syntax for test expressions:
8  v1 is 11
9  v2 is "a String"
10 v2 is "Produces Error" // Show failure
11 /* Output:
12 11
13 a String
14 a String
15 [Error] expected:
16 Produces Error
17 */

```

在运行使用 `AtomicTest` 的 Scala 脚本之前，必须按照相应“安装”原子中的说明来编译 `AtomicTest` 对象（或者运行“`testall`”脚本，见“安装”原子中的说明）。

我们并未试图让你理解 `com.atomicscala.AtomicTest` 的代码（见附录 A），因为它使用了超出本书范围的某些技巧。

101



为了产生整洁舒适的外观，`AtomicTest` 使用了一个你之前还未见识过的 Scala 特性：以类似文本的形式编写方法调用 `a.method(b)` 的能力：

```
a method b
```

这称为中缀表示法。`AtomicTest` 通过定义 `is` 方法来使用该特性：

```
expression is expected
```

可以看到前面例子的第 8 ~ 10 行就使用了该方法。

这个系统很灵活，几乎所有的工作看起来都像在测试表达式。如果 `expected` 是一个字符串，那么 `expression` 就会被转换为字符串并与 `expected` 进行比较。否则，直接比较 `expression` 和 `expected`（无需先转换）。在两种情况下，`expression` 都会在控制台显示，使得你可以看到程序运行时发生的事情。如果 `expression` 和 `expected` 不相等，那么 `AtomicTest` 将在程序运行时打印一条错误消息（并将其记录到 `_AtomicTestErrors.txt` 文件中）。

第 12 ~ 16 行所示为代码的输出。第 8 ~ 9 行的输出位于第 12 ~ 13 行，尽管测试成功，但我们还是将 `is` 左侧对象的内容显示出来。第 10 行有意识地使测试失败，以便让你看到失败输出的例子。第 14 行所示为这个对象的实际内容，后面跟着错误消息，以及关于这个对象程序期望看到的结果。

以上就是这个程序的全部。`is` 方法是为 `AtomicTest` 定义的唯一操作。

由此可见它确实是一个最小化的测试系统。现在你可以将 `is` 表达式置于脚本中的任意位置以进行测试并产生相应的控制台输出。

从现在开始，我们不再需要以注释形式显示的输出块了，因为测试代码将会完成我们所需的全部任务（而且完成得更好，因为在测试表达式处就可以看到结果，而不是滚动到底部去探测哪一行输出对应于哪一个特定的 `println`）。

任何时候，只要运行使用 `AtomicTest` 的程序，就会自动验证该程序的正确性。理想状态下，通过亲身体验本书剩余部分通篇使用测试带来的好处，你会变得着迷于测试，并且在看到没有测试的代码时觉得异常不适。将来你可能会慢慢感觉到，不包含测试的代码应该被定义为不完整的代码。

102

## 测试是编程的一部分

编写可测试代码的另一个好处是：它改变了你思考和设计代码的方式。在上面的例子中，我们可以只将结果显示在控制台上。但是测试的思维模式会使你思考：“我如何测试它？”在创建方法时，你会开始思考应该从该方法返回一些信息，如果没有其他原因，仅仅为了测试该结果也应该如此。更好的设计方案应该将方法设计成：接受参数，对其进行处理，并产生相应的输出。

内建于软件开发过程内部的测试是最有效的。编写测试可以确保程序获得期望的结果。许多人都倡导在编写实现代码之前就编写测试，严格地讲，应该在编写代码使测试通过之前，先让测试失败。这种技术称为测试驱动的开发（Test Driven Development, TDD），它可以确保正在测试的确实是你要测试的内容。在维基百科上有关于 TDD 的更完整的描述（搜索“Test\_driven\_development”）。

下面是一个简化版的使用 TDD 实现计算顺序中 BMI 计算的例子。首先，我们编写测试，以及初始的使测试失败的实现（因为我们还没有实现其功能）。

```

1 // TDDFail.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 calculateBMI(160, 68) is "Normal weight"
5 calculateBMI(100, 68) is "Underweight"
6 calculateBMI(200, 68) is "Overweight"
7
8 def calculateBMI(lbs: Int,
9     height: Int):String = { "Normal weight" }
```

103

只有第一条测试通过了。接下来，我们增加代码来确定每个体重应该落入

哪种分类里：

```

1  // TDDStillFails.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  calculateBMI(160, 68) is "Normal weight"
5  calculateBMI(100, 68) is "Underweight"
6  calculateBMI(200, 68) is "Overweight"
7
8  def calculateBMI(lbs:Int,
9    height:Int):String = {
10    val bmi = lbs / (height*height) * 703.07
11    if (bmi < 18.5) "Underweight"
12    else if (bmi < 25) "Normal weight"
13    else "Overweight"
14  }

```

现在所有测试都会失败，因为我们使用的是 `Int` 而不是 `Double`，这会导致结果都为 0。测试结果指明了订正的方向：

```

1  // TDDWorks.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  calculateBMI(160, 68) is "Normal weight"
5  calculateBMI(100, 68) is "Underweight"
6  calculateBMI(200, 68) is "Overweight"
7
8  def calculateBMI(lbs:Double,
9    height:Double):String = {
10    val bmi = lbs / (height*height) * 703.07
11    if (bmi < 18.5) "Underweight"
12    else if (bmi < 25) "Normal weight"
13    else "Overweight"
14  }

```

104

你可以添加额外的测试来确保我们已经完备地测试了所有边界条件。

在本书剩余的练习中，只要可行，我们就会包含你的代码必须要通过的测试。你还可以自由选择测试额外的情况。

## 练习

1. 创建名为 `myValue1` 的值，将其初始化为 20。创建名为 `myValue2` 的值，将其初始化为 10。使用 `is` 来测试它们不匹配。
2. 创建名为 `myValue3` 的值，将其初始化为 10。创建名为 `myValue4` 的值，将其初始化为 10。使用 `is` 来测试它们确实匹配。

3. 比较 `myValue2` 和 `myValue3`，它们匹配吗？
4. 创建名为 `myValue5` 的值，将其初始化为字符串“10”。将它与 `myValue2` 比较，它们匹配吗？
5. 运用测试驱动开发（编写失败测试，然后编写代码来订正它）来计算四边形的面积。从下面的样例代码着手，订正其中有意识添加的 bug：

```
def squareArea(x: Int):Int = { x * x }
def rectangleArea(x:Int, y:Int):Int = { x * x }
def trapezoidArea(x:Int, y:Int,
  h:Int):Double = { h/2 * (x + y) }
squareArea(1) is 1
squareArea(2) is 4
squareArea(5) is 25
rectangleArea(2, 2) is 4
rectangleArea(5, 4) is 20
trapezoidArea(2, 2, 4) is 8
trapezoidArea(3, 4, 1) is 3.5
```

105

l

106





# 域

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

域是构成对象一部分的 `var` 或 `val`，每个对象都会为其域获取自己的存储：

```

1  // Cup.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class Cup {
5      var percentFull = 0
6  }
7
8  val c1 = new Cup
9  c1.percentFull = 50
10 val c2 = new Cup
11 c2.percentFull = 100
12 c1.percentFull is 50
13 c2.percentFull is 100

```

在类的内部定义 `var` 或 `val` 看起来与在类的外部定义一样。但是，这些 `var` 或 `val` 会成为类的一部分，为了引用它，必须使用像第 9 行和第 11 ~ 13 行一样的圆点表示法来指定其对象。

注意，`c1` 和 `c2` 的 `percentFull` 变量的值不同，这说明每个对象都有自己的用于 `percentFull` 的存储。

107



方法无需使用圆点（即无需限定）就可以引用其对象中的域：

```

1  // Cup2.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class Cup2 {
5      var percentFull = 0
6      val max = 100
7      def add(increase:Int):Int = {
8          percentFull += increase
9          if(percentFull > max) {
10              percentFull = max
11          }
12          percentFull // Return this value
13      }
14  }
15

```

```
16 val cup = new Cup2
17 cup.add(50) is 50
18 cup.add(70) is 100
```

第 8 行的 `+=` 操作符在单个操作中将 `increase` 加到了 `percentFull` 上，并且将结果赋值回 `percentFull`。它等价于：

```
percentFull = percentFull + increase
```

`add` 方法试着将 `increase` 加到 `percentFull` 上，但是会确保后者不会超过 100%。`add` 方法与 `percentFull` 域一样，都是在 `Cup2` 类内部定义的。要想像第 17 行一样在 `Cup2` 的外部引用 `add` 或 `percentFull`，则需要在对象和域名（或方法名）之间使用圆点。

 108

## 练习

1. 如果 `increase` 是一个负值，那么 `Cup2` 的 `add` 方法中会发生什么？是否需要额外的代码来满足下面的测试？

```
val cup2 = new Cup2
cup2.add(45) is 45
cup2.add(-15) is 30
cup2.add(-50) is -20
```

2. 在练习 1 的解决方案中添加代码来处理负值，以确保总和永远不会小于 0。

代码需满足下列测试：

```
val cup3 = new Cup3
cup3.add(45) is 45
cup3.add(-55) is 0
cup3.add(10) is 10
cup3.add(-9) is 1
cup3.add(-2) is 0
```

3. 可以在类的外部设置 `percentFull` 吗？像下面这样试一下：

```
cup3.percentFull = 56
cup3.percentFull is 56
```

4. 编写方法，使其既可以设置又可以获取 `percentFull` 的值。代码需满足下列测试：

```
val cup4 = new Cup4
cup4.set(56)
cup4.get() is 56
```

 109

## for 循环

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edit

for 循环会遍历一个值序列，使用其中的每一个值执行某些操作。for 循环以关键字 for 开头，后面跟着用括号括起来的遍历序列的表达式。在括号内，首先看到的是依次接收每个值的标识符，后面有一个指向它的 <- 符号（向后指向箭头，你可以将其读作“获取”），之后是产生序列的表达式。在第 5、11 和 17 行，我们给出了 3 个等价的表达式：0 to 9、0 until 10 和 Range(0, 10)（to 和 until 都是中缀标记法的例子）。每个表达式都会产生一个 Int 序列，我们会将该序列追加到一个名为 result 的 var String 变量中（使用 += 操作符）以产生可测试的结果（然后为下一个 for 循环将 result 重置为空字符串）：

```

1 // For.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 var result = ""
5 for(i <- 0 to 9) {
6   result += i + " "
7 }
8 result is "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 "
9
10 result = ""
11 for(i <- 0 until 10) {
12   result += i + " "
13 }
14 result is "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 "
15
16 result = ""
17 for(i <- Range(0, 10)) {
18   result += i + " "
19 }
20 result is "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 "
21
22 result = ""
23 for(i <- Range(0, 20, 2)) {
24   result += i + " "
25 }
26 result is "0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 "

```

```

27
28 var sum = 0
29 for(i <- Range(0, 20, 2)) {
30   println("adding " + i + " to " + sum)
31   sum += i
32 }
33 sum is 90

```

在第 5 行和第 11 行，我们使用 `for` 循环来生成用于演示 `to` 和 `until` 的所有值。用起点和终点来指定 `Range` 看起来更加明了。在第 17 行，`Range` 创建了 0 ~ 10 但不包括 10 的值列表。如果想包括终点 (10)，那么可以使用：

`Range(0, 10).inclusive`

或

`Range(0, 11)`

第一种形式表达得更明确一些。

注意，在各种 `for` 循环中对 `i` 都进行了类型推断。

跟在 `for` 循环之后的表达式称为循环体。对于 `i` 的每一个取值，都会执行一遍循环体。循环体和其他任何表达式一样，可以只包含一行代码（第 6、12、18 和 24 行），或者包含多行代码（第 30 ~ 31 行）。

第 23 行也使用 `Range` 来打印一系列的值，但是第三个参数 (2) 表示遍历值序列时步长为 2 而不是 1（试一试不同的步长）。

在第 28 行，我们将 `sum` 声明为 `var` 而不是 `val`，因此可以在每次循环时修改 `sum`。

在 Scala 中有多种编写 `for` 循环的简洁方式，但是我们还是以这种形式起步，因为它通常更容易阅读。

## 练习

1. 创建类型为 `Range` 的范围 0 ~ 10（但不包括 10）的值，需要满足下面的测试：

```

val r1 = // fill this in
r1 is // fill this in

```

2. 使用 `Range.inclusive` 解决上述问题，有什么变化吗？

3. 编写一个 `for` 循环将 0 ~ 10（包括 10）加起来，确保这些值的总和等于 55。

你是否必须使用 `var` 而不是 `val`？为什么？代码需要满足下面的测试：

```
total is 55
```

4. 编写一个 `for` 循环将 1 ~ 10 (包括 10) 的偶数加起来, 确保这些值的总和等于 30。提示: 下面的条件表达式可以确定一个数字是否是偶数:

```
if (number % 2 == 0)
```

`%` (取余) 操作符可以用来查看 `number` 除以 2 时是否有余数。代码需要满足下面的测试:

```
totalEvens is 30
```

5. 编写一个 `for` 循环将 1 ~ 10 (包括 10) 的偶数加起来, 并将 1 ~ 10 的奇数加起来, 分别计算偶数和与奇数和。你是否写了两个 `for` 循环? 如果是, 尝试用一个 `for` 循环来重写代码。代码需要满足下面的测试:

```
evens is 30
odds is 25
(evens + odds) is 55
```

112

1

113



6. 如果在练习 5 中你没有使用 `Range`, 那么尝试使用 `Range` 重写代码。如果已经使用了 `Range`, 那么用 `to` 或 `until` 重写这个 `for` 循环。

# Vector

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

`Vector` 是一个容器，即保存其他对象的对象。容器也称为集合。`Vector` 是标准 Scala 包的一部分，因此不需要任何导入就可以使用。在下面的例子中，我们在第 4 行声明了一个 `Vector` 名字，并将初始值传递给它，从而创建了一个用 `Int` 组装起来的 `Vector`：

```

1  // Vectors.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  // A Vector holds other objects:
5  val v1 = Vector(1, 3, 5, 7, 11, 13)
6  v1 is Vector(1, 3, 5, 7, 11, 13)
7
8  v1(4) is 11 // "Indexing" into a Vector
9
10 // Take each element of the Vector:
11 var result = ""
12 for(i <- v1) {
13     result += i + " "
14 }
15 result is "1 3 5 7 11 13 "
16
17 val v3 = Vector(1.1, 2.2, 3.3, 4.4)
18 // reverse is an operation on the Vector:
19 v3.reverse is Vector(4.4, 3.3, 2.2, 1.1)
20
21 var v4 = Vector("Twas", "Brillig", "And",
22                 "Slithy", "Toves")
23 v4 is Vector("Twas", "Brillig", "And",
24              "Slithy", "Toves")
25 v4.sorted is Vector("And", "Brillig",
26                      "Slithy", "Toves", "Twas")
27 v4.head is "Twas"
28 v4.tail is Vector("Brillig", "And",
29                   "Slithy", "Toves")

```

114

这里有些不同寻常的地方：创建所有 `Vector` 对象时都没有使用 `new` 关键字。为了方便起见，Scala 允许我们构建无需使用 `new` 就可以被实例化的类，`Vector` 就是这样的类。实际上，我们无法使用 `new` 关键字来创建 `Vector` 对

象，你可以试一下，看看会得到什么样的错误消息，这样你就会了解对其他类做类似操作时会发生什么。你最终会学习如何使自己的类也具有这样的特性，但是现在只需知道 Scala 库中有些类具有这一特性即可。

如第 6 行所示，在显示 `Vector` 时，产生的输出与初始化表达式的形式相同，这使得它易于理解。

在第 8 行，括号用来在 `Vector` 中索引。`Vector` 按照初始化的顺序保存其元素，你可以用数字来选择它们。与大多数编程语言一样，Scala 从 0 开始索引元素，在上例中索引 0 会产生值 1。因此，索引 4 会产生值 11。

忘记索引从 0 开始会造成所谓的差 1 错误。如果试图在 `Vector` 中使用超过最后一个元素的索引，那么 Scala 就会抛出某个我们在方法中讨论过的异常。该异常将会显示错误消息，告诉你它是一个 `IndexOutOfBoundsException` 异常，这样你就可以找出问题所在。在第 22 行后面的任何地方试着运行下面的代码：

```
println(v4(5))
```

在像 Scala 这样的语言中，我们经常不会一次只选择一个元素，而是迭代整个容器，这种方式可以消除差 1 错误。在第 12 行，作用于 `Vector` 的 `for` 循环运行良好：`for(i <- v1)` 表示“`i` 获取 `v1` 中的每个值”。这是 Scala 的又一项很有帮助的功能：甚至不必声明 `val i` 或者给出其类型，Scala 便能从上下文中得知它是一个 `for` 循环变量并且妥善管理。许多其他编程语言会强制你做额外的工作（声明 `val i` 或给出其类型），这令人颇为不快，因为在你看来，编程语言可以解决这个问题，但它们像是为了泄愤而故意让你做这些额外的工作。正是出于这个原因以及许多其他原因，熟悉其他语言的程序员会发现 Scala 就像一缕清风，殷勤地询问“有什么可以为您效劳吗？”而从来不像其他语言对待牲口般地挥舞着皮鞭强迫你去钻圈。

`Vector` 可以保存所有不同类型的对象，我们在第 17 行创建了一个 `Double` 类型的 `Vector`，在第 19 行以逆序显示了该 `Vector`。

程序剩余部分用一些其他操作进行了实验。注意，我们使用的是 `sorted` 而不是 `sort`。在调用 `sorted` 时，会产生一个包含原来 `Vector` 的所有元素，并且将它们排好序的新 `Vector`，但是它会保持原有 `Vector` 不变。而 `sort` 则表示原来的 `Vector` 会被直接修改（即就地排序）。纵观 Scala，你可以看到这样一个趋势，即“保持原有事物不变，产生新的事物”。例如，`head` 操作会

产生 `Vector` 的第一个元素，但是会保持原有 `Vector` 不变；而 `tail` 操作会产生一个新的 `Vector`，它包含除第一个元素之外的所有元素，并保持原有 `Vector` 不变。

在 ScalaDoc 中可以找到有关 `Vector` 的更多信息。

注意，因为我们对 Scala 的一致性给出了高度评价，所以此处我们还想指出它并不完美。第 19 行的 `reverse` 方法会产生一个新的 `Vector`，其元素顺序是逆序的。为了保持与 `sorted` 的一致性，这个方法的名字应该为 `reversed`。

## 练习

1. 使用 REPL 创建若干 `Vector`，每个都包含不同类型的数据。看看 REPL 是如何响应的，猜猜它表示什么意思。
2. 使用 REPL 来查看你是否可以创建一个包含其他若干 `Vector` 的 `Vector`。你可以如何使用这种 `Vector` 呢？
3. 创建一个 `Vector`，并用一些单词（即若干个 `String`）来组装它。添加一个 `for` 循环来打印 `Vector` 中的每个元素。现在将这些单词追加到一个 `var String` 中以创建一个句子。所写代码需要满足以下测试：

```
sentence.toString() is
"The dog visited the firehouse"
```

4. 我们不希望有最后一个空格。用 `String` 的 `replace` 方法将 “firehouse” 替换为 “firehouse！” 所写代码需要满足以下测试：

```
theString is
"The dog visited the firehouse!"
```

5. 以练习 4 的解决方案为基础编写一个 `for` 循环，按照字母逆序打印出每个单词。你的输出应该如下所示：

```
/* Output:
ehT
god
detisiv
eht
esuherif
*/
```

6. 编写一个 `for` 循环以逆序打印出练习 4 中的单词（即最后一个单词先打印）。你的输出应该如下所示：

```
/* Output:
```



116

```
firehouse
the
visited
dog
The
*/
```

7. 创建和初始化两个 `Vector`，一个包含 `Int` 元素，另一个包含 `Double` 元素。在每一个中都调用 `sum`、`min` 和 `max` 操作。
8. 创建一个包含 `String` 的 `Vector`，在其上应用 `sum`、`min` 和 `max` 操作。请解释得到的结果。这些方法中有一个是无法工作的，为什么？
9. 在 `for` 循环中，我们将 `Range` 中的值加到一起获得了总和。试着在 `Range` 中调用 `sum` 方法。这样做会在循环的每一次步进中都计算全部值的总和吗？
10. `List` 和 `Set` 都与 `Vector` 类似。使用 REPL 自学它们的操作，并将其与 `Vector` 的操作进行比较。
11. 创建并用单词初始化一个 `List` 和一个 `Set`，然后分别打印。试着在其中执行 `reverse` 和 `sorted` 操作，看看会发生什么。
12. 创建两个名为 `myVector1` 和 `myVector2` 的包含 `Int` 的 `Vector`，每个都用 1、2、3、4、5、6 进行初始化。使用 `AtomicTest` 来测试它们是否相等。

## 更多的条件表达式

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

让我们来练习如何创建方法，编写一些接受布尔类型参数的方法（你已经在条件表达式中学习了有关布尔类型的知识）：

```

1 // TrueOrFalse.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def trueOrFalse(exp:Boolean):String = {
5   if(exp) {
6     return "It's true!" // Need 'return'
7   }
8   "It's false"
9 }
10
11 val b = 1
12 trueOrFalse(b < 3) is "It's true!"
13 trueOrFalse(b > 3) is "It's false"

```

布尔参数 `exp` 被传递给 `trueOrFalse` 方法。如果该参数是以表达式的形式传递的，例如 `b < 3`，那么会先计算该表达式，然后将其结果传递给方法。这里对 `exp` 进行了测试，如果它为 `true`，那么就会执行花括号中的代码。

`return` 关键字是新内容，它表示“离开此方法并返回这个值”。正常情况下，Scala 方法中的最后一个表达式会产生从该方法返回的值，因此我们通常不需要 `return` 关键字，你也经常看不到它。如果我们不写 `return` 而直接写出 `String` 值“`It's true`”，那么就不会发生任何事情，该方法会继续执行，并且总是返回“`It's false`”（试试看移除 `return` 之后会发生什么）。

使用 `else` 关键字是更常见的做法：

```

1 // OneOrTheOther.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def oneOrTheOther(exp:Boolean):String = {
5   if(exp) {
6     "True!" // No 'return' necessary
7   }
8   else {
9     "It's false"

```

```

10    }
11  }
12
13  val v = Vector(1)
14  val v2 = Vector(3, 4)
15  oneOrTheOther(v == v.reverse) is "True!"
16  oneOrTheOther(v2 == v2.reverse) is
17  "It's false"

```

`oneOrTheOther` 方法现在是单个表达式，而不是像 `trueOrFalse` 中那样有两个表达式。该表达式的结果会成为方法的返回值，即在 `exp` 为 `true` 时第 6 行的内容，或在 `exp` 为 `false` 时第 9 行的内容，因此不再需要 `return` 关键字。

有些人坚持认为永远都不应该使用 `return` 半途退出方法，但是我们对这个问题保持中立。

这些测试说明：如果一个长度为 1 的 `Vector` 被反转，那么反转后的 `Vector` 与原来的 `Vector` 总是相同；但如果 `Vector` 的长度大于 1，那么反转后得到的 `Vector` 通常与原来的 `Vector` 不同。

我们并没有限制你只能做单个测试，通过组合 `else` 和 `if` 可以测试多种组合：

```

1 // CheckTruth.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def checkTruth(
5   exp1:Boolean, exp2:Boolean):String = {
6   if(exp1 && exp2) {
7     "Both are true"
8   }
9   else if(!exp1 && !exp2) {
10     "Both are false"
11   }
12   else if(exp1) {
13     "First: true, second: false"
14   }
15   else {
16     "First: false, second: true"
17   }
18 }
19
20 checkTruth(true || false, true) is
21   "Both are true"
22 checkTruth(1 > 0 && -1 < 0, 1 == 2) is
23   "First: true, second: false"

```

```

24 checkTruth(1 >= 2, 1 >= 1) is
25   "First: false, second: true"
26 checkTruth(true && false, false && true) is
27   "Both are false"

```

典型的模式是从 `if` 开始, 后面按照你的需要跟着多个 `else if` 子句, 然后以最后一个 `else` 结尾, 用于处理不匹配前面所有测试的任何情况。当 `if` 表达式达到一定的规模和复杂度时, 你可能想要使用在总结 2 之后描述的模式匹配机制。

## 练习

1. 在什么条件下长度超过 1 的 `Vector` 与其逆序排列的 `Vector` 相等?
2. 回文是指正向和逆向读起来相同的词或短语, 例如 “mom” 和 “dad”。编写一个方法, 用来测试词或短语是否是回文。提示: `String` 的 `reverse` 方法在此处会很有用。使用 `AtomicTest` 来检查你的解决方案 (记着导入它!)。编写的方法要满足下列测试:

```

isPalindrome("mom") is true
isPalindrome("dad") is true
isPalindrome("street") is false

```

3. 在前一个练习的基础上, 在测试回文时忽略大小写。编写的方法要满足下列测试:

```

isPalIgnoreCase("Bob") is true
isPalIgnoreCase("DAD") is true
isPalIgnoreCase("Blob") is false

```

4. 在前一个练习的基础上, 在测试回文之前先剔除特殊字符。下面是一段样例代码和测试 (提示: 按照整数取值时, A 是 65, B 是 66, …, a 是 97, …, z 是 122。0 是 48, …, 9 是 57。):

```

var createdStr = ""
for (c <- str) {
  // Convert to Int for comparison:
  val theValue = c.toInt
  if /* Check for letters */) {
    createdStr += c
  }
  else if /* check for numbers */) {
    createdStr += c
  }
}
isPalIgnoreCase("Madam I'm adam") is

```

121

122

## 总结2

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

本原子将总结并复习从方法到更多的条件表达式的所有原子。如果你是一位经验丰富的程序员，那么本原子应该是你在总结 1 之后阅读的下一个原子。

程序初学者应该阅读本原子并完成后面的练习，作为对前面内容的复习。如果你对本原子中的任何信息感到费解，那么就回过头去研究前面特定主题的原子。

本原子中各个主题是按照适合经验丰富的程序员的顺序出现的，这与各个原子在本书中的顺序不完全相同。例如，我们以介绍包和导入开始，这样就可以在本原子剩余部分使用我们的最小化测试框架了。

### 包、导入和测试

任意数量的可复用库构件都可以使用 `package` 关键字打包到单个库名之下：

```
1 // ALibrary.scala
2 package com.yoururl.libraryname
3 // Components to reuse ...
4 class X
```

可以将多个构件放入单个文件中，或者将各个构件分布到多个具有相同包名的文件中。在上面的代码中，我们就将一个称为 `X` 的空 `class` 定义成单个构件。

必须使用 `scalac` 命令编译库：

123  `scalac ALibrary.scala`

包名按照惯例以反向域名开头，以此确保其唯一性。在第 2 行中，域名是 `yoururl.com`。如果包名包含（英文的）句号，那么名字中的每个部分就都变成了一个子目录。因此，在编译 `ALibrary.scala` 时，会产生下面的目录结构（在当前目录之下）：

`com/yoururl/libraryname`

在 `libraryname` 目录中，对于库中的每个构件，都会包含一个名字以 `.class` 结尾的编译过的文件。

编写一条 `import` 语句就可以使用库了：

```
1 // UseALibrary.scala
2 import com.yoururl.libraryname._
3 new X
```

库名之后的下划线告诉 Scala 将库中的所有构件都导入。现在，我们可以直接引用 `X` 而不会产生任何错误。你也可以逐个选择要导入的构件，细节在导入和包中进行了阐述。

注意，在 Scala 2.11 及以下版本中有一个 bug，使得类在成功编译后需要等待一段延迟时间才可导入。为了绕过这个 bug，可以使用 `nocompdaemon` 标志：

```
scala -nocompdaemon UseALibrary.scala
```

本书中一个重要的库是 `AtomicTest`，即我们的简单测试框架。一旦导入它，就可以像使用 Scala 的关键字一样使用 `is`：

```
1 // UsingAtomicTest.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 val pi = 3.14
5 val pie = "A round dessert"
6
7 pi is 3.14
8 pie is "A round dessert"
9 pie is "Square" // Produces error
```

124

无需任何圆点或括号就可以使用 `is` 的能力被称为中缀标记法，这是一项基本的语言特征。`AtomicTest` 使得 `is` 成为有关真假性的一种断言，它可以打印 `is` 语句左边的结果，如果 `is` 右边的表达式与其不一致，那么就会打印错误消息。这种方式可以验证源代码中的结果。

`AtomicText` 的定义在附录 A 中，在运行上述代码之前，必须先用命令行 `scalac AtomicText.scala` 进行编译。

## 方法

在 Scala 中几乎所有具名的子程序都被创建成方法。方法的基本形式为：

```
def methodName(arg1:Type1, arg2:Type2, ...):returnType = {
  lines of code
  result
}
```

def 关键字后面跟着的是方法名和在括号中的参数列表。每个参数必须都有类型（Scala 不能推断类型）。方法自身也有类型，定义方式与定义 var 和 val 一样：冒号后面跟着类型名。方法的类型就是返回值的类型

125

方法签名后面跟着 = 和方法体，在效果上就像一个表达式。典型情况下，这是一个用花括号括起来的组合表达式，组合表达式的最后一行将成为方法的返回值

下面代码中的一个方法会产生其参数的立方值，而另一个方法会在 String 后面添加一个感叹号：

```
1 // BasicMethods.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def cube(x:Int):Int = { x * x * x }
5 cube(3) is 27
6
7 def bang(s:String):String = { s + "!" }
8 bang("pop") is "pop!"
```

在这两个方法中，方法体都是会产生方法返回值的单个表达式。

## 类和对象

Scala 是一种混合对象 - 函数式语言：它同时支持面向对象和函数式编程模式。

对象包含用来存储数据的 val 和 var（它们称为域），并且通过使用方法来执行操作。类定义了域和方法，本质上是用户定义的新数据类型。创建类型为某个类的 val 或 var 称为创建对象，有时也称为创建实例。甚至其他语言中的内建类型（例如 Double 或 String）的实例在 Scala 中也都是对象。

126

有一种特别有用的对象类型，它就是容器或集合，即保存其他对象的对象。在本书中，我们主要使用的容器是 Vector，因为它是最通用的序列。下面我们将创建一个保存 Double 对象的 Vector，并在其上执行若干操作：

```
1 // VectorCollection.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
```

```

4  val v1 = Vector(19.2, 88.3, 22.1)
5  v1 is Vector(19.2, 88.3, 22.1)
6  v1(1) is 88.3 // Indexing
7  v1.reverse is Vector(22.1, 88.3, 19.2)
8  v1.sorted is Vector(19.2, 22.1, 88.3)
9  v1.max is 88.3
10 v1.min is 19.2

```

使用 `Vector` 时不需要任何 `import` 语句。在第 6 行，我们应该注意到 Scala 使用圆括号在序列中进行索引（索引是从 0 开始的），而不像许多语言一样使用方括号。

第 7 ~ 10 行所示为 Scala 集合中可用的大量方法中的若干种。REPL 是一种非常有用的调查工具，例如，创建一个 `Vector` 对象：

```
scala> val v = Vector(1)
```

现在键入 `v.`（`v` 后面跟着一个句号），就像你要在 `v` 上调用某个方法一样，但是紧接着按下 TAB 键，此时 REPL 就会产生所有可以调用的方法的列表。在任何类型的对象上都可以执行这样的操作。

要想了解所有方法的含义，可以使用 Scala 的文档，请查看 `ScalaDoc` 原子以了解详细内容。

当你像第 7 行和第 8 行那样调用 `reverse` 和 `sorted` 时，`Vector v1` 并不会被修改，此时会创建并返回一个新的 `Vector`，它包含了想要的结果。这种永不修改原对象的方式在 Scala 类库中是保持一致的，你应该尽可能地自觉遵循这样的模式。

127

## 创建类

类定义中包含 `class` 关键字、类名和可选的类体。类体包括：

- ＊ 域定义（`val` 和 `var`）
- ＊ 方法定义
- ＊ 在创建每个对象时执行的代码

下面的例子展示了域和初始化代码：

```

1  // ClassBodies.scala
2
3  class NoBody
4  val nb = new NoBody
5
6  class SomeBody {

```

```

7  val name = "Janet Doe"
8  println(name + " is SomeBody")
9  }
10 val sb = new SomeBody
11
12 class EveryBody {
13   val all = Vector(new SomeBody,
14     new SomeBody, new SomeBody)
15 }
16 val eb = new EveryBody

```

没有类体的类只有类名，就像第3行的类。要创建类的实例，可以使用 `new` 关键字，就像第4、10 和 16 行。

第7和13行所示为类体中的域。域可以是任意类型，第7行中是一个 `String` 域，第13行中是一个保存 `SomeBody` 对象的 `Vector`，具有固定内容的域使用起来会有所局限，后面我们会看到突破这种局限的有趣方法。

第8行不是任何域或方法的一部分，在运行这段脚本时，你会看到每次创建 `SomeBody` 对象时都会执行第8行。

下面是一个具有若干方法的类：

```

1 // Temperature.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class Temperature {
5   var current = 0.0
6   var scale = "f"
7   def setFahrenheit(now:Double):Unit = {
8     current = now
9     scale = "f"
10  }
11  def setCelsius(now:Double):Unit = {
12    current = now
13    scale = "c"
14  }
15  def getFahrenheit():Double = {
16    if(scale == "f")
17      current
18    else
19      current * 9.0/5.0 + 32.0
20  }
21  def getCelsius():Double = {
22    if(scale == "c")
23      current
24    else
25      (current - 32.0) * 5.0/9.0
26  }

```



```

27  }
28
29 val temp = new Temperature
30 temp.setFahrenheit(98.6)
31 temp.getFahrenheit() is 98.6
32 temp.getCelsius is 37.0
33 temp.setCelsius(100.0)
34 temp.getFahrenheit is 212.0

```

这些方法与在类的外部定义的方法很像，只是它们属于类，并且可以不加限定地访问类中的其他成员，例如 `current` 或 `scale`（这些方法还可以不加限定地调用这个类中的其他方法）。

注意，第 29 行将 `temp` 定义为 `val`，但是第 30 行和第 33 行修改了这个 `Temperature` 对象。`val` 声明会阻止将 `temp` 引用重新赋值为新的对象，但是并未限制对该对象本身不能执行修改操作。

注意第 31、32 和 34 行，如果一个方法的参数列表为空，那么 Scala 允许在调用它时既可以带括号也可以不带括号。

下面的两个类构成了井字棋游戏的基础，它们还进一步演示了条件表达式的用法：

```

1 // TicTacToe.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class Cell {
5     var entry = ' '
6     def set(e:Char):String = {
7         if(entry==' ' && (e=='X' || e=='O')) {
8             entry = e
9             "successful move"
10        } else
11            "invalid move"
12    }
13 }
14
15 class Grid {
16     val cells = Vector(
17         Vector(new Cell, new Cell, new Cell),
18         Vector(new Cell, new Cell, new Cell),
19         Vector(new Cell, new Cell, new Cell)
20     )
21     def play(e:Char, x:Int, y:Int):String = {
22         if(x < 0 || x > 2 || y < 0 || y > 2)
23             "invalid move"
24         else
25             cells(x)(y).set(e)

```



```

26    }
27 }
28
29 val grid = new Grid
30 grid.play('X', 1, 1) is "successful move"
31 grid.play('X', 1, 1) is "invalid move"
32 grid.play('O', 1, 3) is "invalid move"

```

Cell 中的 entry 域是一个 var，因此可以被修改。第 5 行初始化中的单引号会产生一个 Char 类型的值，因此所有赋给 entry 的值也必须是 Char。始于第 6 行的 set 方法测试可用空间，以及传递给它的字符是否正确。它返回的 String 结果表明测试是成功的还是失败的。

Grid 类包含一个包含了三个 Vector 的 Vector，而这三个 Vector 中每个都包含三个 Cell，因此构成了一个矩阵。play 方法检查 x 和 y 索引是否在合法的范围内，如果合法则索引这个矩阵中相应的元素（见第 25 行），并根据 set 方法执行的测试来设置元素的值。

131

## for 循环

所有编程语言都具有循环结构，实际上它们都具有 for 循环，但是这些语言经常将其用来对整数计数，以作为序列的索引。Scala 的 for 关注的是序列而非数字。例如，下面的 for 可以依次选取 Vector 中的每个元素：

```

1 // ForVector.scala
2 val v = Vector("Somewhere", "over",
3                 "the", "rainbow")
4 for(word <- v) {
5   println(word)
6 }

```

指向左侧的箭头 <- 可以从右侧的生成器表达式中选取每个元素。这里的生成器表达式只是一个 Vector，但是它可以变得更复杂。注意，word 没有被声明为 var 或 val，它会自动成为 val。与许多语言所使用的整数索引方式不同，Scala 的 for 会自动跟踪生成表达式中的元素数量，这可以根除意外产生的索引超过序列末尾的越界错误。

在使用 Range 对象作为生成器时，仍旧可以按整数值步进：

```

1 // ForWithRanges.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 var result = ""

```

```

5  for(i <- Range(0, 10)) {
6    result += i + " "
7  }
8  result is "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 "
9
10 result = ""
11 for(i <- Range(1, 21, 3)) {
12   result += i + " "
13 }
14 result is "1 4 7 10 13 16 19 "

```

132

最后一个值是不包括在内的，就像第 8 行中所看到的。传递给 `Range` 的第三个可选参数是步进量，第 11 行用到了它。

Scala 还提供产生 `Range` 的可读性更好的便捷方式：

```

1 // RangeShorthand.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 var result = ""
5 for(i <- 0 until 10) {
6   result += i + " "
7 }
8 result is "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 "
9
10 result = ""
11 for(i <- 0 to 10) {
12   result += i + " "
13 }
14 result is "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 "
15
16 result = ""
17 for(i <- 'a' to 'h') {
18   result += i + " "
19 }
20 result is "a b c d e f g h "

```

`until` 的效果与 `Range` 相同，但是 `to` 包含终点值。注意，第 17 行所示为创建字符范围的方式。

133

## 练习

无论何时，只要有可能，就应该使用 `AtomicTest` 来测试这些练习的解决方案。

1. 创建一个用 `Char` 填充的 `Vector`、一个用 `Int` 填充的 `Vector` 和一个用 `String` 填充的 `Vector`。排序每个 `Vector`，并产生一个 `min` 和一个 `max` 值。为每一个排好序的 `Vector` 都编写一个 `for` 循环，将它们的元素连缀

在一起，形成中间用空格分隔的 `String`。

2. 创建一个包含练习 1 中所有 `Vector` 的 `Vector`。编写一个嵌套在 `for` 循环中的 `for` 循环，用来遍历这个 `Vector` 的 `Vector`，并将所有元素都连缀成单个 `String`。
3. 在 REPL 中创建包含一个 `Char`、一个 `Int`、一个 `String` 和一个 `Double` 的单个 `Vector`。这个 `Vector` 包含的类型应该是什么？试着找到你的 `Vector` 中的 `max`。这个 `max` 有意义吗？
4. 修改 `BasicMethods.scala`，使其中的两个方法成为一个类的组成部分。将这个类放置到一个 `package` 中并编译。在一个脚本中导入所产生的库，并对其进行测试。
5. 创建一个包含 `ClassBodies.scala` 中所有类的 `package`。编译这个包，然后将其导入一个脚本。修改这些类，在其中添加方法，使这些方法产生能够用 `AtomicTest` 进行测试的结果。
6. 在 `Temperature.scala` 中添加绝对温度单位（绝对温度 = 摄氏温度 +273.15）。在编写新代码时，尽量调用已有方法。
7. 在 `TicTacToe.scala` 中添加一个方法，用来显示棋盘（提示：使用嵌套在 `for` 循环中的 `for` 循环）。在每下一步棋时自动调用这个方法。
8. 在 `TicTacToe.scala` 中添加一个方法，用来确定是否有胜者或者是否是平局。在每下一步棋时自动调用这个方法。

# 模式匹配

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

计算机编程中很大一部分工作是在进行比较，并基于是否匹配某项条件来执行相应的动作。任何能够使这项任务变得更容易的措施对于编程者来说都是一种福音，因此 Scala 以模式匹配的形式提供了广泛的语言支持。

匹配表达式会将一个值与可能的选项进行匹配。所有匹配表达式都以要比较的值开头，后面跟着 `match` 关键字、左花括号和一组可能的匹配项及其相关联的动作，最后以右花括号结尾。每种可能的匹配及其相关联的动作都以关键字 `case` 开头，后面跟着一个表达式。该表达式的值会先计算出来，然后和目标值进行比较。如果匹配，`=>`（“火箭”）右边的表达式就会产生该 `match` 表达式的结果。

```

1 // MatchExpressions.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def matchColor(color:String):String = {
5   color match {
6     case "red" => "RED"
7     case "blue" => "BLUE"
8     case "green" => "GREEN"
9     case _ => "UNKNOWN COLOR: " + color
10   }
11 }
12
13 matchColor("white") is
14   "UNKNOWN COLOR: white"
15 matchColor("blue") is "BLUE"

```

136

第 5 行是匹配表达式的开端：名字为 `color` 的值后面跟着 `match` 关键字，以及在花括号中的一组表达式，它们表示要匹配的项。第 6 ~ 8 行将 `color` 的值与 “`red`”、“`blue`” 和 “`green`” 相比较。第一个成功的匹配将完成模式匹配的执行。上例中，该模式匹配会产生一个 `String` 值，它会成为 `matchColor` 的返回值。

第 9 行是有关 `_`（下划线）的另一种特殊用法。这里，它是一个通配符，

可以匹配任何与之前各项都不匹配的值。当我们在第 13 行测试“white”时，它与 red、blue 和 green 都不匹配，因而命中了通配符模式。通配符模式总是出现在匹配列表的最后。如果没有使用通配符模式，那么当你试图匹配与所列各种模式都不相同的值时，就会产生错误。

上述示例仅仅匹配了简单类型 (`String`)，但是你在后续原子中将会学到复杂得多的模式匹配机制。

注意，模式匹配机制与 `if` 语句的功能有些重叠。因为模式匹配更加灵活和强大，所以在需要进行选择时，我们倾向于使用它而不是 `if` 语句。

## 练习

1. 使用 `if/else` 重写 `matchColor`。哪种方式看起来更加直观？编写的代码需要满足下列测试：

```
straightforward? Satisfy the following tests:  
matchColor("white") is  
"UNKNOWN COLOR: white"  
matchColor("blue") is "BLUE"
```

2. 使用模式匹配机制重写更多的条件表达式中的 `oneOrTheOther`。编写的代码需要满足下列测试：

```
137  
val v = Vector(1)  
val v2 = Vector(3, 4)  
oneOrTheOther(v == v.reverse) is "True!"  
oneOrTheOther(v2 == v2.reverse) is  
"It's false"
```

3. 使用模式匹配机制重写更多的条件表达式中的 `checkTruth`。编写的代码需要满足下列测试：

```
checkTruth(true || false, true) is  
"Both are true"  
checkTruth(1 > 0 && -1 < 0, 1 == 2) is  
"First: true, second: false"  
checkTruth(1 >= 2, 1 >= 1) is  
"First: false, second: true"  
checkTruth(true && false, false && true) is  
"Both are false"
```

4. 创建方法 `forecast` 来表示多云的程度，使用它可以产生一个天气预报字符串，例如“Sunny”(100)、“Mostly Sunny”(80)、“Partly Sunny”(50)、“Mostly Cloudy”(20) 以及“Cloudy”(0)。对于这个练习，用来匹配的合

法值只有 100、80、50、20 和 0，其他任何值都应该产生“Unknown”。编写的代码需要满足下列测试：

```
forecast(100) is "Sunny"  
forecast(80) is "Mostly Sunny"  
forecast(50) is "Partly Sunny"  
forecast(20) is "Mostly Cloudy"  
forecast(0) is "Cloudy"  
forecast(15) is "Unknown"
```

5. 创建名为 `sunnyData` 的 `Vector` 来保存 (100,80,50,20,0,15)。编写一个 `for` 循环来使用 `sunnyData` 的内容调用 `forecast`，显示答案并确保它们与上述响应匹配。



## 类参数

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

在创建新对象时，一般是通过传递某些信息进行初始化，此时可以使用类参数。类参数列表看起来与方法参数列表一样，但是它位于类名的后面：

```

1  // ClassArg.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class ClassArg(a:Int) {
5      println(f)
6      def f():Int = { a * 10 }
7  }
8
9  val ca = new ClassArg(19)
10 ca.f() is 190
11 // ca.a // error

```

现在 `new` 表达式要求传递一个参数（试试看不传递参数会怎样）。`a` 的初始化发生在进入类体之前，因此它总是被设置为期望的值。虽然第 5 行的 `println` 看起来发生在定义 `f` 之前，但所有定义（值和方法）实际上会在执行类体的其他部分之前进行初始化，因此第 5 行先出现也没关系，`f` 在此处仍旧是可用的。

注意，`a` 在类体的外部是不可访问的，就像取消第 11 行的注释后将会产生的错误所示的那样。如果希望 `a` 在类体的外部也是可见的，那么需要将其定义为参数列表中的 `var` 或 `val`。

139 

```

1  // VisibleClassArgs.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class ClassArg2(var a:Int)
5  class ClassArg3(val a:Int)
6
7  val ca2 = new ClassArg2(20)
8  val ca3 = new ClassArg3(21)
9
10 ca2.a is 20
11 ca3.a is 21
12 ca2.a = 24

```

```

13  ca2.a is 24
14  // Can't do this: ca3.a = 35

```

这些类定义没有显式的类体（它们的类体是隐式的）。因为 `a` 是用 `var` 或 `val` 声明的，所以它在类体之外依然是可见的，如第 10 ~ 13 行所示。用 `val` 定义的类参数在类的外部不能被修改，但是用 `var` 定义的类参数在类的外部是可以修改的，这可能正是你所需要的（见第 12 ~ 14 行）。

注意，`ca2` 是一个 `val`（见第 7 行）。第 12 行对 `a` 的值进行了修改，这是否会让你觉得不可思议？我们举个类比的例子来帮助你理解这种情况。设想一下，一幢房子是一个 `val`，房子中的沙发是一个 `var`。你可以更换沙发，因为它是一个 `var`，但是你不能改建房子，因为它是一个 `val`。在上例中，`ca2` 和 `ca3` 都是 `val`，这意味着你不能将它们指向其他对象。但是 `val` 并不会对该对象的内部进行任何控制。

类可以有许多参数：

```

1  // MultipleClassArgs.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class Sum3(a1:Int, a2:Int, a3:Int) {
5      def result():Int = { a1 + a2 + a3 }
6  }
7
8  new Sum3(13, 27, 44).result() is 84

```

140

可以使用可变元参数列表来支持任意数量的参数，方法是在末尾加上一个 `*`：

```

1  // VariableClassArgs.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class Sum(args:Int*) {
5      def result():Int = {
6          var total = 0
7          for(n <- args) {
8              total += n
9          }
10         total
11     }
12 }
13
14 new Sum(13, 27, 44).result() is 84
15 new Sum(1, 3, 5, 7, 9, 11).result() is 36

```

在 `args` 末尾的 `*` (见第 4 行) 将参数转换为一个序列, 该序列可以在 `for` 表达式中使用 `<-` 来遍历。方法也可以有可变元参数列表。

## 练习

1. 创建新类 `Family`, 它接受一个表示家庭成员姓名的可变元参数列表。编写的代码需要满足下列测试:

```
141
val family1 = new Family("Mom",
    "Dad", "Sally", "Dick")
family1.familySize() is 4
val family2 =
    new Family("Dad", "Mom", "Harry")
family2.familySize() is 3
```

2. 调整类 `Family` 的定义, 使其包括表示父亲、母亲和可变数量个孩子的类参数。你必须做出哪些修改? 编写的代码需要满足下列测试:

```
val family3 = new FlexibleFamily(
    "Mom", "Dad", "Sally", "Dick")
family3.familySize() is 4
val family4 =
    new FlexibleFamily("Dad", "Mom", "Harry")
family4.familySize() is 3
```

3. 将所有孩子都略去, 上面的代码是否还能正常工作? 是否应该修改 `familySize` 方法? 编写的代码需要满足下列测试:

```
val familyNoKids =
    new FlexibleFamily("Mom", "Dad")
familyNoKids.familySize() is 2
```

4. 是否可以对父母和孩子都使用可变元参数列表?
5. 是否可以将可变元参数列表放在开头, 而父母放在最后?
6. 域中包含一个 `Cup2` 类, 它有一个 `percentFull` 域。重写这个类的定义, 使其使用类参数而不是定义域。
7. 在练习 6 的解决方案的基础上, 你是否能够不编写任何新方法就获取和设置 `percentFull` 的值? 试试看!
8. 继续修改 `Cup2` 类。修改 `add` 方法, 使其接受可变元参数列表, 用于指定任意数量的倾注 (增加) 和外溢 (减少即增加负值), 该方法将返回结果值。编写的代码需要满足下列测试:

```
val cup5 = new Cup5(0)
cup5.increase(20, 30, 50,
  20, 10, -10, -40, 10, 50) is 100
cup5.increase(10, 10, -10, 10,
  90, 70, -70) is 30
```

9. 编写一个方法，求可变元参数列表中数字的平方并返回总和。编写的代码需要满足下列测试：

```
squareThem(2) is 4
squareThem(2, 4) is 20
squareThem(1, 2, 4) is 21
```

142

?

143



## 具名参数和缺省参数

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

在创建具有参数列表的类的实例时，可以指定参数的名字，就像第 4 行和第 5 行那样：

```

1 // NamedArguments.scala
2
3 class Color(red:Int, blue:Int, green:Int)
4 new Color(red = 80, blue = 9, green = 100)
5 new Color(80, 9, green = 100)

```

第 4 行指定了所有参数名，而通过第 5 行可以看到如何选择想要命名的参数。

具名参数对于提高代码的可读性来说非常有用，尤其是对于长而复杂的参数列表。具名参数显得足够清楚，使得读者无需再查阅文档。

与缺省参数组合使用时，具名参数显得更加有用，这里缺省参数是指在类定义中给出其缺省值：

```

1 // NamedAndDefaultArgs.scala
2
3 class Color2(red:Int = 100,
4               blue:Int = 100, green:Int = 100)
5 new Color2(20)
6 new Color2(20, 17)
7 new Color2(blue = 20)
8 new Color2(red = 11, green = 42)

```

144

任何未指定的参数都会获得其缺省值，因此只需提供与缺省值有别的参数即可。如果参数列表很长，那么这种做法可以极大地简化代码，使其更容易编写且（更重要的是）更容易阅读。

具名参数和缺省参数还可以用于方法参数列表。

具名参数和缺省参数可以和（在类参数中介绍的）可变元参数列表一起工作。但是，（按照规则）可变元参数列表必须出现在最后。而且，可变元参数列表自身并不支持缺省参数。

警告：具名参数和缺省参数当前在与可变元参数列表组合使用时，有这样

一个特性——无法修改具名参数的定义顺序。例如：

```

1  // Family.scala
2
3  class Family(mom:String, dad:String,
4    kids:String*)
5
6  new Family(mom="Mom", dad="Dad")
7  // Doesn't work:
8  // new Family(dad="Dad", mom="Mom")
9
10 new Family(mom="Mom", dad="Dad",
11   kids="Sammy", "Bobby")
12 // Doesn't work:
13 /* new Family(dad="Dad", mom="Mom",
14   kids="Sammy", "Bobby") */

```

普通情况下，具名参数允许修改其双亲的顺序，因此我们可以先指定 `dad`，然后再指定 `mom`。但是，在添加了可变元参数列表后，就再也不能通过命名参数的方式来对它们重新排序了。这种限制的成因已经超出了本书的范围，我们建议尽量避免组合使用具名参数和可变元参数。

 145

## 练习

1. 定义类 `SimpleTime`，它接受两个参数：一个表示小时的 `Int`，以及一个表示分钟的 `Int`。使用具名参数创建 `SimpleTime` 对象。编写的代码需要满足下列测试：

```

val t = new SimpleTime(hours=5, minutes=30)
t.hours is 5
t.minutes is 30

```

2. 在上面的 `SimpleTime` 的基础上，将 `minute` 的缺省值设为 0，使得我们不必非要指定它的值。编写的代码需要满足下列测试：

```

val t2 = new SimpleTime2(hours=10)
t2.hours is 10
t2.minutes is 0

```

3. 创建类 `Planet`，它缺省地包含单个卫星。`Planet` 类应该有名字 (`String`) 和描述 (`String`)。使用具名参数来指定名字和描述，并使用卫星数量的缺省值。编写的代码需要满足下列测试：

```
val p = new Planet(name = "Mercury",
```

```

    description = "small and hot planet",
    moons = 0)
p.hasMoon is false

```

4. 修改前一个练习的解决方案，对用来创建 `Planet` 的参数的顺序进行修改。你是否需要修改任何代码？编写的代码需要满足下列测试：

146

```

val earth = new Planet(moons = 1,
    name = "Earth",
    description = "a hospitable planet")
earth.hasMoon is true

```

5. 你是否可以修改类参数中练习 2 的解决方案，使得母亲名字的缺省值为“Mom”，父亲名字的缺省值为“Dad”？为什么会得到错误消息？提示：Scala 在告诉你出了什么问题方面做得不错。

6. 证明具名参数和缺省参数可以用于方法。创建类 `Item`，它接受两个类参数：一个用 `String` 表示的 `name`，一个用 `Double` 表示的 `price`。添加方法 `cost`，它有具名参数 `grocery` (`Boolean`)、`medication` (`Boolean`) 和 `taxRate` (`Double`)。`grocery` 和 `medication` 的缺省值为 `false`。`taxRate` 的缺省值为 `0.10`。该方法返回按照恰当税率计算的商品的总价。编写的代码需要满足下列测试：

147

```

val flour = new Item(name="flour", 4)
flour.cost(grocery=true) is 4
val sunscreen = new Item(
    name="sunscreen", 3)
sunscreen.cost() is 3.3
val tv = new Item(name="television", 500)
tv.cost(taxRate = 0.06) is 530

```

# 重载

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

术语重载指的是方法名：你可以将相同的名字用于不同的方法（“重载”该名字），只要这些方法的参数列表有所区别。

```

1 // Overloading.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class Overloading1 {
5     def f():Int = { 88 }
6     def f(n:Int):Int = { n + 2 }
7 }
8
9 class Overloading2 {
10    def f():Int = { 99 }
11    def f(n:Int):Int = { n + 3 }
12 }
13
14 val mo1 = new Overloading1
15 val mo2 = new Overloading2
16 mo1.f() is 88
17 mo1.f(11) is 13
18 mo2.f() is 99
19 mo2.f(11) is 14

```

在第 5 ~ 6 行中可以看到具有相同名字 `f` 的两个方法。方法签名包括方法名、参数列表和返回值，Scala 是通过比较签名来区分方法的。第 5 ~ 6 行的两个方法签名的唯一区别在于它们的参数列表，这对于 Scala 来说已经足以断定它们是两个不同的方法。第 16 ~ 17 行的调用说明它们确实是不同的方法。方法签名还包括有关包围类的信息。因此，重载的 `Overloading1` 中的 `f` 方法与 `Overloading2` 中的 `f` 方法不会产生冲突。

重载有什么用？它使得我们可以更清楚地表示“某个主题的各种变体”，而不是必须使用不同的方法名。假设希望编写执行加法的方法：

```

1 // OverloadingAdd.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def addInt(i:Int, j:Int):Int = { i + j }

```

```

5  def addDouble(i:Double, j:Double):Double ={
6      i + j
7  }
8
9  def add(i:Int, j:Int):Int = { i + j }
10 def add(i:Double, j:Double):Double = {
11     i + j
12 }
13
14 addInt(5, 6) is add(5, 6)
15
16 addDouble(56.23, 44.77) is
17     add(56.23, 44.77)

```

`addInt` 接受两个 `Int` 并返回一个 `Int`，而 `addDouble` 接受两个 `Double` 并返回一个 `Double`。如果没有重载机制，就无法只对加法操作进行命名，因此程序员会将做什么与如何做混为一谈，并以此来产生唯一的名字（你也可以使用随机的字符串来创建唯一的名字，但是典型的模式是使用有意义的信息，例如参数类型）。与其形成对照的是，第 9 行和第 10 行中重载的 `add` 就要清楚得多。

语言中缺少重载机制并非致命问题，但是重载为编写更易于阅读的代码提供了非常有价值的简化能力。有了重载机制，你就只需声明操作在做什么，这提高了抽象的级别，并且降低了程序阅读者需要消耗的脑力。如果你想了解如何做，那么就查看其参数。还要注意的是，重载机制减少了冗余：如果必须声明 `addInt` 和 `addDouble`，那么我们本质上是在方法名中重复参数信息。

重载机制在 REPL 中无法工作。如果定义上述方法，那么第二个 `add` 会覆盖而不是重载第一个 `add`。REPL 对于简单的实验非常适用，但是稍微复杂一点就会产生不一致的结果。为了克服这个问题，可以使用总结 1 中（见“表达式和条件式”）描述的 REPL 的 `:paste` 模式。

## 练习

1. 修改 `Overloading.scala`，使其所有方法的参数列表都是相同的。观察所产生的错误消息。
2. 创建 5 个重载的对参数求和的方法，第一个无任何参数，第二个接受一个参数，以此类推。编写的代码需要满足下列测试：

```

f() is 0
f(1) is 1
f(1, 2) is 3

```

```
f(1, 2, 3) is 6
f(1, 2, 3, 4) is 10
```

3. 修改练习 2，在类的内部定义方法。
4. 修改练习 3 的解决方案，添加一个具有相同名字和参数但是具有不同返回类型的方法。这时程序还可以工作吗？如果你使用的是显式的返回类型，会有问题吗？如果你使用的是对返回类型的类型推断，情况又会怎样？



150

## 5 构造器

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future

初始化是相当容易出错的块。你的代码可能各方面都是对的，但是如果我没有正确设置初始条件，那么它就无法正常工作。

每个对象都有其自己与外界隔离的空间。程序就是对象的集合，因此，每个对象的正确初始化可以解决初始化问题的绝大部分。Scala 提供了确保正确初始化对象的机制，在前几个原子中你已经看到了其中的一些。

构造器是“构造”新对象的代码。构造器具有将类参数列表和类体相结合的效果，前者是在进入类体之前初始化的，后者的语句将自顶向下执行。

构造器的最简单形式是单行的类定义，不含任何类参数和任何可执行的代码行，例如：

```
class Bear
```

在域中，构造器将域初始化为指定的值，或者在未指定值的情况下初始化为缺省值。在类参数中，构造器默默地初始化参数并使它们对其他对象是可访问的，它还需要对可变元参数列表进行解释。

在这些情况中，我们都没有编写构造器代码，Scala 为我们做了这件事。如果想要定制，那么就需要添加自己的构造器代码。例如：

```
1 // Coffee.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class Coffee(val shots:Int = 2,
5               val decaf:Boolean = false,
6               val milk:Boolean = false,
7               val toGo:Boolean = false,
8               val syrup:String = "") {
9   var result = ""
10  println(shots, decaf, milk, toGo, syrup)
11  def getUp():Unit = {
12    if(toGo)
13      result += "ToGoCup "
14    else
15      result += "HereCup "
```

```

16    }
17    def pourShots():Unit = {
18        for(s <- 0 until shots)
19            if(decaf)
20                result += "decaf shot "
21            else
22                result += "shot "
23    }
24    def addMilk():Unit = {
25        if(milk)
26            result += "milk "
27    }
28    def addSyrup():Unit = {
29        result += syrup
30    }
31    getCup()
32    pourShots()
33    addMilk()
34    addSyrup()
35 }
36
37 val usual = new Coffee
38 usual.result is "HereCup shot shot "
39 val mocha = new Coffee(decaf = true,
40    toGo = true, syrup = "Chocolate")
41 mocha.result is
42 "ToGoCup decaf shot decaf shot Chocolate"

```

152

注意，这些方法对类参数具有访问权限，因此无需传递类参数，并且可以将 `result` 当作对象的域一样使用。尽管所有方法都是在类体的末尾被调用的，但是实际上在类体的开头或任何其他位置也都可以进行调用（试一下）。

当 `Coffee` 构造器执行完毕时，可以保证类体已经成功运行，并且所有恰当的初始化都已经完成，而 `result` 域捕获了制作咖啡的所有操作。

此处，我们使用了缺省参数，就像我们在其他方法中使用它们一样。如果所有参数都是缺省的，那么可以声明不使用括号的 `new Coffee`，就像第 37 行那样。

## 练习

- 修改 `Coffee.scala`，指定咖啡中含咖啡因的剂量和不含咖啡因的剂量。编写的代码需要满足下列测试：

```

val doubleHalfCaf =
  new Coffee(shots=2, decaf=1)

```

```
val tripleHalfCaf =
  new Coffee(shots=3, decaf=2)
doubleHalfCaf.decaf is 1
doubleHalfCaf.caf is 1
doubleHalfCaf.shots is 2
tripleHalfCaf.decaf is 2
tripleHalfCaf.caf is 1
tripleHalfCaf.shots is 3
```

2. 创建新类 `Tea`，它有两个方法：`describe`，包含茶中是否添加了牛奶和糖、是否去除了咖啡因以及是否包含名字等信息；`calories`，如果添加了牛奶，则茶的热量增加 100 卡路里，如果添加了糖，则茶的热量增加 16 卡路里。编写的代码需要满足下列测试：

```
val tea = new Tea
tea.describe is "Earl Grey"
tea.calories is 0

val lemonZinger = new Tea(
  decaf = true, name="Lemon Zinger")
lemonZinger.describe is
  "Lemon Zinger decaf"
lemonZinger.calories is 0

val sweetGreen = new Tea(
  name="Jasmine Green", sugar=true)
sweetGreen.describe is
  "Jasmine Green + sugar"
sweetGreen.calories is 16

val teaLatte = new Tea(
  sugar=true, milk=true)
teaLatte.describe is
  "Earl Grey + milk + sugar"
teaLatte.calories is 116
```

3. 在练习 2 的解决方案的基础上，使 `decaf`、`milk`、`sugar` 和 `name` 在类的外部可访问。编写的代码需要满足下列测试：

```
val tea = new Tea2
tea.describe is "Earl Grey"
tea.calories is 0
tea.name is "Earl Grey"

val lemonZinger = new Tea2(decaf = true,
  name="Lemon Zinger")
lemonZinger.describe is
```

```
"Lemon Zinger decaf"
lemonZinger.calories is 0
lemonZinger.decaf is true

val sweetGreen = new Tea2(
  name="Jasmine Green", sugar=true)
sweetGreen.describe is
  "Jasmine Green + sugar"
sweetGreen.calories is 16
sweetGreen.sugar is true

val teaLatte = new Tea2(sugar=true,
  milk=true)
teaLatte.describe is
  "Earl Grey + milk + sugar"
teaLatte.calories is 116
teaLatte.milk is true
```

## 辅助构造器

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

类参数列表中的具名参数和缺省参数使我们可以按照多种方式构造对象，而且可以通过创建多个构造器来使用构造器重载机制。这里的名字被重载了，因为我们在使用不同的方式创建同一个类的对象。要想创建重载的构造器，需要定义多个称为 `this`（这是一个关键字）的方法（各自带有不同的参数列表）。重载的构造器在 Scala 中有一个特殊的名字：辅助构造器。

因为构造器负责执行初始化中重要的动作，因此构造器重载机制有一个额外的限制：所有辅助构造器必须首先调用主构造器，即按照类参数列表和类体而产生的构造器。要想在辅助构造器中调用主构造器，需要使用 `this` 关键字而不是类名：

```

1  // GardenGnome.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class GardenGnome(val height:Double,
5    val weight:Double, val happy:Boolean) {
6    println("Inside primary constructor")
7    var painted = true
8    def magic(level:Int):String = {
9      "Poof! " + level
10    }
11    def this(height:Double) {
12      this(height, 100.0, true)
13    }
14    def this(name:String) = {
15      this(15.0)
16      painted = true
17    }
18    def show():String = {
19      height + " " + weight +
20      " " + happy + " " + painted
21    }
22  }
23
24  new GardenGnome(20.0, 110.0, false).
25  show() is "20.0 110.0 false true"
26  new GardenGnome("Bob").show() is

```

```
27 "15.0 100.0 true true"
```

第一个辅助构造器始于第 11 行。无需为该辅助构造器声明返回类型，并且包含 = (见第 14 行) 还是不包含 = (见第 11 行) 都没有关系。任何辅助构造器的第一行都必须是对主构造器的调用 (见第 12 行) 或对另一个辅助构造器的调用 (见第 15 行)。最终，这意味着总是失调用主构造器，从而保证在辅助构造器发挥作用之前，对象已经被恰当地初始化了。不能在辅助构造器的参数前面使用 var 或 val 关键字，因此域只能由该辅助构造器生成。通过强制要求用于生成域的类参数只能出现在主构造器中，Scala 可以确保所有对象都具有相同的结构。

构造器中的表达式被当作语句处理，因此执行它们只是为了其副作用，这里的副作用就是它们对正在创建的对象状态的影响。构造器中最后一个表达式的值不会被返回，而是被忽略。另外，Scala 不允许在对象创建中走捷径，例如，你不能在类体中间放置 return (试试看，然后查看错误消息)。<sup>157</sup>

通过使用具名参数和缺省参数基本可以解决构造器的大多数需求，但是有时必须重载构造器。

## 练习

1. 创建名为 ClothesWasher 的类，它具有一个缺省构造器，以及两个辅助构造器，其中一个 (作为 String) 指定 model，另一个 (作为 Double) 指定 capacity。
2. 创建类 ClothesWasher2，它看起来和练习 1 的解决方案很像，但是使用的是具名参数和缺省参数，这样仅使用缺省构造器就可以产生和练习 1 相同的结果。
3. 证明辅助构造器的第一行必须是对主构造器的调用。
4. 回忆一下重载中提到的：Scala 中的方法可以重载，但是与重载构造器 (编写辅助构造器) 的方式不同。在练习 1 的解决方案中添加两个方法，以证明方法可以重载。编写的代码需要满足以下测试：

```
val washer =
  new ClothesWasher3("LG 100", 3.6)
washer.wash(2, 1) is
"Wash used 2 bleach and 1 fabric softener"
washer.wash() is "Simple wash"
```

157

158

## 类的练习

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

现在你已经可以解答一些更综合的有关定义和使用类的练习了。

### 练习

- 使类 `Dimension` 具有一个整数域 `height` 和另一个整数域 `width`。它们都可以在类的外部被获取和修改。编写的代码需要满足下列测试：

```
val c = new Dimension(5,7)
c.height is 5
c.height = 10
c.height is 10
c.width = 19
c.width is 19
```

- 使类 `Info` 具有一个在类的外部可以获取（但不能修改）的 `String` 域 `name`，以及一个在类的外部既可以获取又可以修改的 `String` 域 `description`。编写的代码需要满足下列测试：

```
val info = new Info("stuff", "Something")
info.name is "stuff"
info.description is "Something"
info.description = "Something else"
info.description is "Something else"
```

- 在练习 2 的基础上修改 `Info` 类，使其满足下列测试：

```
info.name = "This is the new name"
info.name is "This is the new name"
```

- 修改（具名参数和缺省参数中的）`SimpleTime`，添加一个 `subtract` 方法，用一个 `SimpleTime` 对象减去另一个 `SimpleTime` 对象。如果第二个时间比第一个时间大，那么只需返回 0。编写的代码需要满足下列测试：

```
val t1 = new SimpleTime(10, 30)
val t2 = new SimpleTime(9, 30)
val st = t1.subtract(t2)
st.hours is 1
```

```

st.minutes is 0
val st2 = new SimpleTime(10, 30).
  subtract(new SimpleTime(9, 45))
st2.hours is 0
st2.minutes is 45
val st3 = new SimpleTime(9, 30).
  subtract(new SimpleTime(10, 0))
st3.hours is 0
st3.minutes is 0

```

5. 修改上面的 `SimpleTime`, 使其对分钟使用缺省参数 (查看具名参数和缺省参数)。编写的代码需要满足下列测试:

```

val anotherT1 =
  new SimpleTimeDefault(10, 30)
val anotherT2 = new SimpleTimeDefault(9)
val anotherST =
  anotherT1.subtract(anotherT2)
anotherST.hours is 1
anotherST.minutes is 30
val anotherST2 = new SimpleTimeDefault(10).
  subtract(new SimpleTimeDefault(9, 45))
anotherST2.hours is 0
anotherST2.minutes is 15

```

160

6. 修改练习 5 的解决方案, 使其使用辅助构造器。编写的代码需要满足下列测试:

```

val auxT1 = new SimpleTimeAux(10, 5)
val auxT2 = new SimpleTimeAux(6)
val auxST = auxT1.subtract(auxT2)
auxST.hours is 4
auxST.minutes is 5
val auxST2 = new SimpleTimeAux(12).subtract(
  new SimpleTimeAux(9, 45))
auxST2.hours is 2
auxST2.minutes is 15

```

7. 在前一个练习中, 设置小时和分钟的缺省值是有问题的。你能看出原因吗? 你能指出如何通过使用具名参数来解决该问题吗? 必须修改代码吗?

161

 **case类**
**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

类这种机制已经替你完成了大量的工作，但是在创建主要用于保存数据的类时，依然有大量的重复代码。Scala 会尽可能地消除这种重复性，这正是 **case** 类所做的事情。你可以像下面这样定义一个 **case** 类：

```
case class TypeName(arg1:Type, arg2:Type, ...)
```

乍一看，**case** 类与普通的类很像，只是前面带有 **case** 关键字。但是，**case** 类会自动将所有类参数都创建为 **val**。如果不嫌麻烦，也可以在每个域名前面指定 **val**，这样会产生相同的结果。如果需要某个类参数成为 **var**，那么就在该参数前添加一个 **var**。

当类基本上只是一个数据保存器时，**case** 类可以简化代码并执行公共的操作。

下面我们定义了 **Dog** 和 **Cat** 两个新类型，并对每个类都创建了若干实例：

```

1 // CaseClasses.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 case class Dog(name:String)
5 val dog1 = Dog("Henry")
6 val dog2 = Dog("Cleo")
7 val dogs = Vector(dog1, dog2)
8 dogs is Vector(Dog("Henry"), Dog("Cleo"))
9
10 case class Cat(name:String, age:Int)
11 val cats =
12   Vector(Cat("Miffy", 3), Cat("Rags", 2))
13 cats is
14 "Vector(Cat(Miffy,3), Cat(Rags,2))"
```

与常规类不同，有了 **case** 类，我们在创建对象时就不必再使用 **new** 关键字了。在创建 **Dog** 和 **Cat** 对象时可以看到这种变化。

**case** 类还提供一种不必定义特殊的显示方法就可以以友好且易于阅读的

格式打印对象的途径。对于每个对象来说，既可以看到 `case` 类的名字（`Dog` 和 `Cat`），又可以看到具体的域信息，就像第 14 行代码所示。

这里只是 `case` 类的最基本的介绍。随着本书内容的推进，你会看到它更大的价值所在。

## 练习

1. 创建 `case` 类来表示地址簿中的 `Person`，用三个 `String` 分别表示姓、名和联系信息：

```
val p = Person("Jane", "Smile",
  "jane@smile.com")
p.first is "Jane"
p.last is "Smile"
p.email is "jane@smile.com"
```

2. 创建一些 `Person` 对象。将这些 `Person` 对象置于一个 `Vector` 中。编写的代码需要满足下列测试：

```
val people = Vector(
  Person("Jane", "Smile", "jane@smile.com"),
  Person("Ron", "House", "ron@house.com"),
  Person("Sally", "Dove", "sally@dove.com"))
people(0) is
  "Person(Jane,Smile,jane@smile.com)"
people(1) is
  "Person(Ron,House,ron@house.com)"
people(2) is
  "Person(Sally,Dove,sally@dove.com)"
```

163

3. 首先，创建一个表示 `Dog` 的 `case` 类，分别用一个 `String` 来表示名字和血统。然后，创建一个 `Dog` 的 `Vector`。编写的代码需要满足下列测试：

```
val dogs = Vector(
  /* Insert Vector initialization */
)
dogs(0) is "Dog(Fido,Golden Lab)"
dogs(1) is "Dog(Ruff,Alaskan Malamute)"
dogs(2) is "Dog(Fifi,Miniature Poodle)"
```

4. 就像在类的练习中那样，使一个 `case` 类 `Dimension` 具有一个整数域 `height`，以及另一个整数域 `width`，它们都可以在类的外部被获取和修改。创建并打印这个类的一个对象。这个解决方案与类的练习中练习 1 的

解决方案有何不同？编写的代码需要满足下列测试：

```
val c = new Dimension(5,7)
c.height is 5
c.height = 10
c.height is 10
c.width = 19
c.width is 19
```

5. 修改练习 4 的解决方案，使用一个普通的（`val`）参数来表示 `height`，一个 `var` 参数表示 `width`，证明它们中一个是只读的，而另一个是可修改的。
6. 你能在 `case` 类中使用缺省参数吗？重复类的练习中的练习 5 来找出答案。如果有差异，那么解释一下你的解决方案有何不同？编写的代码需要满足下列测试：

```
164  val anotherT1 =
165    new SimpleTimeDefault(10, 30)
166  val anotherT2 = new SimpleTimeDefault(9)
167  val anotherST =
168    anotherT1.subtract(anotherT2)
169  anotherST.hours is 1
170  anotherST.minutes is 30
171  val anotherST2 =
172    new SimpleTimeDefault(10).subtract(
173      new SimpleTimeDefault(9, 45))
174  anotherST2.hours is 0
175  anotherST2.minutes is 15
```

## 字符串插值

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

利用字符串插值，你创建的字符串就可以包含格式化的值。在字符串的前面放置一个 `s`，在你想让 Scala 插值的标识符之前放置一个 `$`：

```
1 // StringInterpolation.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def i(s:String, n:Int, d:Double):String = {
5   s"first: $s, second: $n, third: $d"
6 }
7
8 i("hi", 11, 3.14) is
9 "first: hi, second: 11, third: 3.14"
```

注意，任何以 `$` 为先导的标识符都会被转换为字符串形式。

你可以通过将表达式置于 `{}$` 中间来计算和转换该表达式（这对于生成 Web 页面的系统非常有用）：

```
1 // ExpressionInterpolation.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def f(n:Int):Int = { n * 11 }
5
6 s"f(7) is ${f(7)}!" is "f(7) is 77!"
```

表达式可以很复杂，但是为了保证可读性，还是尽量使其保持简单。



插值也可以用于 `case` 类中：

```
1 // CaseClassInterpolation.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 case class Sky(color:String)
5
6 s"""${new Sky("Blue")}" is "Sky(Blue)"
```

我们在第 6 行在字符串周围使用了三重引号，使得我们可以将 `Sky` 构造器中的参数用引号引起来。

## 练习

1. 辅助构造器中的 Garden Gnome (花园地精) 的例子有一个 `show` 方法，它显示了有关地精的信息。使用 `String` 插值重写 `show` 方法。编写的代码需要满足下列测试：

```
val gnome =
  new GardenGnome(20.0, 110.0, false)
gnome.show() is "20.0 110.0 false true"
val bob = new GardenGnome("Bob")
bob.show() is "15.0 100.0 true true"
```

2. 在 `GardenGnome` 的 `magic` 方法中使用字符串插值。添加一个 `show` 方法，它接受名为 `level` 的参数，并且用对 `magic(level)` 的调用替换直接访问 `height` 和 `width`。编写的代码需要满足下列测试：

```
val gnome =
  new GardenGnome(20.0, 50.0, false)
gnome.show(87) is "Poof! 87 false true"
val bob = new GardenGnome("Bob")
bob.show(25) is "Poof! 25 true true"
```

3. 再回到练习 1 的解决方案上，重写该方案，使其显示 `height` 和 `weight` 时带有标签。编写的代码需要满足下列测试：

```
val gnome =
  new GardenGnome(20.0, 110.0, false)
gnome.show() is "height: 20.0 " +
"weight: 110.0 happy: false painted: true"
val bob = new GardenGnome("Bob")
bob.show() is
"height: 15.0 weight: 100.0 true true"
```

## 参数化类型



ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

我们认为尽量让 Scala 完成推断类型是一个不错的主意，因为这样会使代码变得更整洁且更易于阅读。但是，有时 Scala 无法辨识出应该使用什么类型（它会抱怨），因此我们必须提供帮助。例如，我们偶尔会告诉 Scala 在 `Vector` 中所包含的类型。通常，Scala 能够辨识出 `Vector` 中的类型：

```

1 // ParameterizedTypes.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 // Type is inferred:
5 val v1 = Vector(1,2,3)
6 val v2 = Vector("one", "two", "three")
7 // Exactly the same, but explicitly typed:
8 val p1:Vector[Int] = Vector(1,2,3)
9 val p2:Vector[String] =
10   Vector("one", "two", "three")
11
12 v1 is p1
13 v2 is p2

```

初始化值告知 Scala 第 5 行的 `Vector` 包含 `Int` 而第 6 行的 `Vector` 包含 `String`。

为了说明这种情况，我们使用显式类型声明重写了第 5 行和第 6 行，其中，第 8 行是第 5 行的重写，等号右边的部分是相同的，但是左边添加了冒号和类型声明 `Vector[Int]`。这里的方括号是新知识点，它们表示类型参数。此处，容器保存的是具有类型参数所表示类型的对象。通常可以把 `Vector[Int]` 读作“`Int` 的向量”，对其他类型的容器也可照此方式读作“`Int` 的列表”“`Int` 的集合”等。

169

类型参数对于容器之外的其他元素来说也非常有用，但是你通常会在类似容器的对象中看到它们，而本书中一般使用 `Vector` 作为容器。

返回类型也可以具有参数：

```

1 // ParameterizedReturnTypes.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3

```

```

4  // Return type is inferred:
5  def inferred(c1:Char, c2:Char, c3:Char) = {
6      Vector(c1, c2, c3)
7  }
8
9  // Explicit return type:
10 def explicit(c1:Char, c2:Char, c3:Char):
11     Vector[Char] = {
12     Vector(c1, c2, c3)
13 }
14
15 inferred('a', 'b', 'c') is
16     "Vector(a, b, c)"
17 explicit('a', 'b', 'c') is
18     "Vector(a, b, c)"

```

在第 5 行，我们让 Scala 来推断该方法的返回类型，而在第 11 行，我们指定了方法返回类型。你不能只是声明方法会返回一个 `Vector`，因为 Scala 会抱怨你的含糊其辞。因此必须给出类型参数。当你指定了方法的返回类型时，Scala 可以检查并强化你的意图。

170 

## 练习

1. 修改 `ParameterizedReturnTypes.scala` 中的 `explicit` 方法，使其可以创建并返回一个 `Double` 的 `Vector`。所编写的代码需要满足下列测试：

```
explicitDouble(1.0, 2.0, 3.0) is
Vector(1.0, 2.0, 3.0)
```

2. 在前一个练习的基础上修改 `explicit`，使其接受一个 `Vector`，创建并返回一个 `List`。如果需要，请参考 ScalaDoc 了解 `List`。所编写的代码需要满足下列测试：

```
explicitList(Vector(10.0, 20.0)) is
List(10.0, 20.0)
explicitList(Vector(1, 2, 3)) is
List(1.0, 2.0, 3.0)
```

3. 在前一个练习的基础上修改 `explicit`，使其返回一个 `Set`。所编写的代码需要满足下列测试：

```
explicitSet(Vector(10.0, 20.0, 10.0)) is
Set(10.0, 20.0)
explicitSet(Vector(1, 2, 3, 2, 3, 4)) is
Set(1.0, 2.0, 3.0, 4.0)
```

4. 在模式匹配中，我们使用“Sunny”(100)、“Mostly Sunny”(80)、“Partly Sunny”(50)、“Mostly Cloudy”(20)和“Cloudy”(0)创建了一个用于预报天气的方法。使用参数化类型来创建一个 `historicalData` 方法，它可以在对晴天、多云等天数进行计数。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val weather = Vector(100, 80, 20, 100, 20)
historicalData(weather) is
"Sunny=2, Mostly Sunny=1, Mostly Cloudy=2"
```

## 作为对象的函数

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Functional Way

我们可以将方法以对象的形式作为参数传递给其他方法。为了实现这一点，需要使用函数对象来打包方法，函数对象常简称为函数。

例如，`foreach` 对于像 `Vector` 这样的序列来说是一个非常有用的方法。它接受参数（即一个函数），并将其应用到序列中的每个元素上。下面的代码中，我们获取一个 `Vector` 中的每个元素，在其前面添加一个 `>`，然后显示出来：

```

1 // DisplayVector.scala
2
3 def show(n:Int):Unit = { println("> " + n) }
4 val v = Vector(1, 2, 3, 4)
5 v.foreach(show)

```

方法是依附于类或对象的，而函数是其自身的对象（这就是为什么我们可以如此容易地传递它）。Scala 会自动为这段脚本创建对象，而 `show` 就是属于这些对象构成部分的方法。像第 5 行那样将 `show` 当作一个函数进行传递时，Scala 会自动将其转换为函数对象。这称为提升。

当作参数传递给其他方法或函数的函数通常都非常小，而且常常只使用一次。对于强制创建具名方法然后将其当作参数传递这种做法，看起来会给程序员带来额外的工作量，对程序阅读者也会带来额外的困扰。因此，我们可以改为定义一个函数，但并不给出名字，这称为匿名函数或字面函数。

172

匿名函数是使用经常称为“火箭”的 `=>` 符号定义的。“火箭”的左边是参数列表，而右边是单个表达式（可以是组合表达式），该表达式将产生函数的结果。我们会将 `show` 转换为匿名函数并直接将其传递给 `foreach`。首先，移除 `def` 和函数名：

```
(n:Int) = { println("> " + n) }
```

现在将 `=` 修改为“火箭”，告诉 Scala 它是一个函数：

```
(n:Int) => { println("> " + n) }
```

这是一个合法的匿名函数（在 REPL 中试一下），但是我们可以进一步简化它。如果只有单个表达式，那么 Scala 允许移除花括号：

```
(n:Int) => println("> " + n)
```

如果只有单个参数，并且 Scala 可以推断出该参数的类型，那么可以去掉括号和参数类型：

```
n => println("> " + n)
```

通过这些简化，`DisplayVector.scala` 就会变成：

```
1 // DisplayVectorWithAnonymous.scala
2
3 val v = Vector(1, 2, 3, 4)
4 v.foreach(n => println("> " + n))
```

这不只是代码行数变少了，调用也变成了有关操作的简洁描述。另外，类型推断使得我们可以将同一个匿名函数应用于保存其他类型的序列：

```
1 // DisplayDuck.scala
2
3 val duck = "Duck".toVector
4 duck.foreach(n => println("> " + n))
```

第 3 行获取 `String` 类型的“Duck”，并将其转换为一个 `Vector`，其中每个字符将占据一个位置。当我们传递匿名函数时，Scala 可以推断出该函数类型为 `Vector` 中的 `Char`。

让我们通过将结果存储到一个 `String` 中而不是将输出发送到控制台来创建一个可测试的版本。传递给 `foreach` 的函数会将结果追加到该 `String` 中：

```
1 // DisplayDuckTestable.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 var s = ""
5 val duck = "Duck".toVector
6 duck.foreach(n => s = s + n + ":")
7 s is "D:u:c:k:"
```

如果需要多个参数，那么就必须对参数列表使用括号。仍然可以利用类型推断：

```

1  // TwoArgAnonymous.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  val v = Vector(19, 1, 7, 3, 2, 14)
5  v.sorted is Vector(1, 2, 3, 7, 14, 19)
6  v.sortWith((i, j) => j < i) is
7  Vector(19, 14, 7, 3, 2, 1)

```

174

缺省的 `sorted` 方法会产生期望的升序结果，而 `sortWith` 方法会接受一个具有两个参数的函数，并产生一个表明第一个参数是否小于第二个参数的 `Boolean` 类型的结果。将比较结果反转会产生一个降序排列的输出。

具有 0 个参数的函数也可以是匿名的。在下面的示例中，我们定义了一个类，它会接受一个具有 0 个参数的函数作为参数，然后在后续某个时刻调用该函数。注意类参数的类型，它是使用匿名函数的语言定义的，即无任何参数、一个“火箭”和 `Unit` 合起来表示不返回任何信息：

```

1  // CallLater.scala
2
3  class Later(val f: () => Unit) {
4      def call():Unit = { f() }
5  }
6
7  val cl = new Later(() => println("now"))
8  cl.call()

```

甚至可以将匿名函数赋给一个 `var` 或 `val`：

```

1  // AssignAnonymous.scala
2
3  val later1 = () => println("now")
4  var later2 = () => println("now")
5
6  later1()
7  later2()

```

可以在任何使用常规函数的地方使用匿名函数，但是如果该匿名函数开始变得过于复杂，那么为了清晰，最好定义一个具名函数，即使只会使用一次。

175

## 练习

1. 修改 `DisplayVectorWithAnonymous.scala`，使其将结果存储在一个 `String` 中，就像 `DisplayDuckTestable.scala` 中那样。所编写的代码需要满足下列测试：

`str is "1234"`

2. 在练习 1 的解决方案的基础上，在每两个数字之间添加一个逗号。所编写的代码需要满足下列测试：

```
str is "1,2,3,4,"
```

3. 创建一个匿名函数，它按照“狗的年龄”(年龄乘以 7)来计算年龄。将其赋值给一个 `val`，然后调用该函数。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val dogYears = // Your function here
dogYears(10) is 70
```

4. 创建一个 `Vector`，并将 `Vector` 中每个值对应的 `dogYears` 的结果追加到一个字符串中。所编写的代码需要满足下列测试：

```
var s = ""
val v = Vector(1, 5, 7, 8)
v.foreach(/* Fill this in */)
s is "7 35 49 56 "
```

5. 重复练习 4，但是不使用 `dogYears` 方法：

```
var s = ""
val v = Vector(1, 5, 7, 8)
v.foreach(/* Fill this in */)
s is "7 35 49 56 "
```

6. 创建一个带有三个参数 (`temperature`、`low` 和 `high`) 的匿名函数。该匿名函数将在温度介于 `high` 和 `low` 之间时返回 `true`，否则返回 `false`。将该匿名函数赋值给一个 `def`，然后调用你的函数。所编写的代码需要满足下列测试：

```
between(70, 80, 90) is false
between(70, 60, 90) is true
```

7. 创建一个匿名函数，对列表中的数字求平方。通过使用 `foreach` 对一个 `Vector` 中的每个元素都调用该函数。所编写的代码需要满足下列测试：

```
following test:
var s = ""
val numbers = Vector(1, 2, 5, 3, 7)
numbers.foreach(/* Fill this in */)
s is "1 4 25 9 49 "
```

8. 创建一个匿名函数并将其赋给名字 `pluralize`。它能够针对每个单词通过直接添加 `s` 来构建其(一般)复数形式。所编写的代码需要满足下列测试：

```
pluralize("cat") is "cats"  
pluralize("dog") is "dogs"  
pluralize("silly") is "sillys"
```

9. 使用前一个练习的 `pluralize`, 在一个保存 `String` 的 `Vector` 上使用 `foreach`, 打印每个单词的复数形式。所编写的代码需要满足下列测试:

```
var s = ""  
val words = Vector("word", "cat", "animal")  
words.foreach(/* Fill this in */)  
s is "words cats animals "
```

## map 和 reduce

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

在前一个原子中，我们通过 `foreach` 这个例子学习了有关匿名函数的知识。尽管 `foreach` 非常有用，但是仍有局限性，因为使用它只是为了其副作用：`foreach` 不会返回任何信息。这正是我们使用 `println` 对所求得的解进行检查的原因。

返回值的方法往往更有用，`map` 和 `reduce` 就是两个典型的例子，它们都可以作用于类似 `Vector` 这样的序列上。

`map` 接受参数，即一个接受单个参数并产生返回值的函数，并将其应用于序列中的每个元素。这与 `foreach` 很相似，但是 `map` 可以捕获每次调用时的返回值，并将其存储到一个以 `map` 作为返回值而产生的新序列中。下面是一个对 `Vector` 中每个元素都加 1 的例子：

```

1 // SimpleMap.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 val v = Vector(1, 2, 3, 4)
5 v.map(n => n + 1) is Vector(2, 3, 4, 5)

```

这个例子使用了匿名函数的简洁形式，就像我们在前一个原子中所讨论的那样。

下面是一种将序列中所有值加起来的方式：

```

1 // Sum.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 val v = Vector(1, 10, 100, 1000)
5 var sum = 0
6 v.foreach(x => sum += x)
7 sum is 1111

```

使用 `foreach` 来实现这一目的略显尴尬，因为它需要一个 `var` 来累积所求的和（几乎总有办法使用 `val` 来代替 `var`，尝试这么做会开启引人入胜的解谜模式）。

`reduce` 使用参数（在下面例子中是一个匿名函数）来组合序列中的所有

元素。这可以产生一种更加整洁的序列求和方式（注意，这里没有任何 `var`）：

```

1  // Reduce.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  val v = Vector(1, 10, 100, 1000)
5  v.reduce((sum, n) => sum + n) is 1111

```

`reduce` 首先将 1 和 10 加起来得到 11，它就会变成 `sum`，然后加上 100 得到 111，这就是新的 `sum`，然后再加上 1000 得到 1111，再次得到新的 `sum` 之后，`reduce` 停止，因为没有任何需要再求和的数字了，所以返回最终的 `sum`，即 1111。当然，Scala 并非真的知道它正在“求和”，因为变量名是我们选择的。还可以定义带有 `(x, y)` 的匿名函数，但是我们使用了有意义的名字，使其含义一目了然。

`reduce` 可以在序列上执行所有种类的操作。并未限制其只能作用于 `Int` 或者只能做加法：

```

1  // MoreReduce.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  (1 to 100).reduce((sum, n) => sum + n) is
5      5050
6  val v2 = Vector("D", "u", "c", "k")
7  v2.reduce((sum, n) => sum + n) is "Duck"

```

第 4 行对 1 ~ 100 的整数值求和（据说数学家卡尔·弗雷德里希·高斯还是小学生时就心算出来了）。第 7 行使用了同样的匿名函数以及不同的类型推断，将 `Vector` 中的字母组合起来。

注意，`map` 和 `reduce` 的作用相当于正常情况下手写的迭代代码。尽管自己管理这种迭代可能不会花太大气力，但是这样就多了一个容易出错的细节，以及一个容易犯错的地方（并且因为它们如此“明显”，所以这种错误特别难查找）。

函数式编程的重要标志之一就是（`map`、`reduce` 和 `foreach` 都是这样的范例）：它一小步一小步循序渐进地解决问题，并且函数做的事情经常很琐碎，因此，编写自己的代码显然并不比使用 `map`、`reduce` 和 `foreach` 更困难。但是，一旦有了由这些微小且调试过的解决方案构成的集合，就可以很轻松地将它们组合起来，而无需在每个级别都进行调试，并且这种方式可以更快地创建更健壮的代码。例如，在 Scala 的序列中，还包含着大量与 `map`、`reduce` 和

`foreach` 相类似的支持函数式编程的操作。

## 练习

1. 修改 `SimpleMap.scala`，使其匿名函数对每个值都乘以 11，然后加上 10。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val v = Vector(1, 2, 3, 4)
v.map(/* Fill this in */) is
  Vector(21, 32, 43, 54)
```

2. 是否能够在上面的解决方案中用 `foreach` 替换 `map`？会发生什么？测试一下替换结果。
3. 用 `for` 来重写前一个练习的解决方案。这比使用 `map` 更复杂还是更简单？哪种方式更有可能出错？
4. 使用 `for` 循环替代 `map` 来重写 `SimpleMap.scala`，并观察这样做所引入的额外的复杂性。
5. 使用 `for` 循环重写 `Reduce.scala`。
6. 使用 `reduce` 来实现 `sumIt` 方法，该方法接受一个可变元参数列表，并计算这些参数的总和。所编写的代码需要满足下列测试：

```
sumIt(1, 2, 3) is 6
sumIt(45, 45, 45, 60) is 195
```

180

181

## ★ 推导

ATOMIC SCALA: Learn Programming

现在，你已经准备好了，可以开始学习有关强有力的 `for` 和 `if` 的组合的知识了，这种组合称为 `for` 推导，或者简称为推导。

在 Scala 中，推导将生成器、过滤器和定义组合在一起。你在 `for` 循环中看到的 `for` 循环就是一个带有单个生成器的推导，就像下面这样：

```
for(n <- v)
```

每次迭代时，序列 `v` 中的下一个元素就会置于 `n` 中，`n` 的类型是根据包含在 `v` 中的类型推断出来的。

推导可以变得更加复杂。在下面的示例中，`evenGT5`（偶数，大于 5）方法将接受并返回包含 `Int` 的 `Vector`。它从输入 `Vector` 中选出满足特定标准的 `Int`（即按照这个标准进行过滤），然后将它们置于 `result Vector` 中：

```

1 // Comprehension.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def evenGT5(v:Vector[Int]):Vector[Int] = {
5   // 'var' so we can reassign 'result':
6   var result = Vector[Int]()
7   for {
8     n <- v
9     if n > 5
10    if n % 2 == 0
11  } result = result :+ n
12  result
13 }
14
15 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
16 evenGT5(v) is Vector(6, 8, 10, 14)
```

182

注意，`result` 并非常见的 `val`，而是 `var`，因此我们可以修改 `result`。一般情况下，我们总是尝试使用 `val`，因为 `val` 不能被修改，使代码更加独立且易于阅读。但是，不修改对象有时似乎无法达成目标。在上面的例子中，我们通过组装来构建 `result Vector`，因此 `result` 必须是可修改的。通过用 `Vector[Int]()` 对其初始化（在参数化类型中你已经学习过有关类型参数

[Int] 的知识了), 我们将类型参数设为 Int, 并创建了一个空 Vector。

在第 7 行和第 11 行, 我们使用的是 {} 而不是 ()。这使得 for 可以包含多条语句或表达式。不过还是可以使用圆括号, 这需要对何时必须使用分号进行讨论, 但是我们认为使用花括号更容易。这也是大多数 Scala 程序员编写推导的方式。

典型情况下, 推导是以 n 从 v 中获取所有值开始的。但并不是到此为止, 我们还看到了两个 if 表达式。这两个表达式每一个都对 n 的值进行了过滤, 使其能够通过推导。首先, 我们遍历的每个 n 都必须大于 5, 但是满足此条件的 n 还必须满足  $n \% 2 == 0$  (取余操作符 % 会产生余数, 因此该表达式是在查找偶数)。

接下来, 我们将这些过滤出的数字添加到 result 中。因为 result 是一个 var, 所以可以对其进行赋值。但是 Vector 是不能修改的, 那么怎样将数字“添加”到 Vector 中呢? Vector 有一个操作符 :+, 它会接受一个 Vector (但是不会修改它), 并将操作符右边的元素与其组合起来, 以此创建一个新的 Vector。因此 `result = result :+ n` 会通过将 n 追加到一个旧的 Vector 后面而产生一个新的 Vector (这里, 旧的 Vector 会被丢弃, 并且 Scala 会自动清理它)。当 for 循环结束时, 就有了一个由所需的值填充的 Vector。

有一种将 result 用作 val (而不是 var) 的方式:“就地”构建 result 而不是“逐项”创建。为了实现这个目的, 可以使用 Scala 的 yield 关键字。当你声明 `yield n` 时, 它会把值 n “交出来”, 使其成为 result 的一部分。下面是一个示例:

183

```

1 // Yielding.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def yielding(v:Vector[Int]):Vector[Int]={
5   val result = for {
6     n <- v
7     if n < 10
8     if n % 2 != 0
9   } yield n
10  result
11 }
12
13 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
14 yielding(v) is Vector(1, 3, 5, 7)

```

`yield` 总是会填充容器。但是我们在第 5 行并没有声明 `result` 的类型，那么 Scala 如何知道要创建什么种类的容器呢？它会从推导要遍历的容器中推断出类型，即 `v` 是一个 `Vector[Int]`（推导的第一行确定了 `result` 的类型）。现在，有了推导和 `yield`，我们就可以在对 `result` 赋值之前创建完整的 `Vector`，这样 `result` 就可以是 `val` 而不是 `var`。

布尔操作符 `!=` 表示“不等于”（如果左操作数不等于右操作数，那么产生 `true`）。

还可以在推导内部定义值。在下面的示例中，我们对 `isOdd` 进行了赋值，然后用它来过滤结果：

```

1 // Yielding2.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def yielding2(v:Vector[Int]):Vector[Int]={
5   for {
6     n <- v
7     if n < 10
8     isOdd = (n % 2 != 0)
9     if(isOdd)
10   } yield n
11 }
12
13 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
14 yielding2(v) is Vector(1, 3, 5, 7)

```

注意，没有将 `n` 和 `isOdd` 声明为 `val` 或 `var`。`n` 和 `isOdd` 在循环中每次迭代时都会发生变化，但是不能人为修改它们，我们依靠 Scala 来完成这个任务。可以将它们看作循环每次迭代时都会设置其值的临时变量。

这个解决方案也没有像我们之前做的那样存储和返回中间结果 `result`，推导的结果就是我们想要返回的 `Vector`，因为该表达式就是方法中的最后一行，所以我们只需给出该表达式即可。

与其他任何表达式一样，`yield` 表达式也可以组合（见第 10 ~ 13 行）：

```

1 // Yielding3.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def yielding3(v:Vector[Int]):Vector[Int]={
5   for {
6     n <- v
7     if n < 10
8     isOdd = (n % 2 != 0)
9   } yield isOdd
10 }
11
12 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
13 yielding3(v) is Vector(true, false, true, false, true, false, true, false, true, false, true, false)

```

```

9     if(isOdd)
10    } yield {
11      val u = n * 10
12      u + 2
13    }
14  }
15
16 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
17 yielding3(v) is Vector(12, 32, 52, 72)

```

注意，只有在推导内部才能不为新标识符声明 `val` 或 `var`。

可以让一个推导只与一个 `yield` 表达式相关联，并且不能将 `yield` 表达式置于推导体之前。但是，推导可以嵌套：

```

1 // Yielding4.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def yielding4(v:Vector[Int]) = {
5   for {
6     n <- v
7     if n < 10
8     isOdd = (n % 2 != 0)
9     if(isOdd)
10    } yield {
11      for(u <- Range(0, n))
12        yield u
13    }
14  }
15
16 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
17 yielding4(v) is Vector(
18   Vector(0),
19   Vector(0, 1, 2),
20   Vector(0, 1, 2, 3, 4),
21   Vector(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)
22 )

```


 186

这里，我们让类型推断来确定 `yielding4` 的返回类型。每个 `yield` 都会产生一个 `Vector`，因此最终结果是一个 `Vector` 的 `Vector`。

## 练习

1. 修改 `yielding`，使其成为一个描述性更强的名字。
2. 修改 `yielding2`，使其接受一个 `List` 而不是 `Vector`，并返回一个 `List`。

所编写的代码需要满足下列测试：

```
val theList =
  List(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
yielding2(theList) is List(1,3,5,7)
```

3. 以 `yielding3` 为基础重写该推导，使其尽可能紧凑（精简 `isOdd` 和 `yield` 子句）。现在将该推导赋值给名为 `result` 的类型显式确定的值，并在方法的末尾返回 `result`。修改后的代码仍能满足 `Yielding3.scala` 中现有的测试。
4. 确认你无法修改 `yielding3` 中的 `n` 和 `isOdd`。将它们声明为 `var` 会发生什么？是否能够找到实现这个目的的办法？这么做有意义吗？
5. 创建名为 `Activity` 的 `case` 类，它包含一个表示日期（例如“01-30”）的字符串和一个表示当天要参加的活动的字符串（例如“Bike”“Run”和“Ski”）。将你的活动存储到一个 `Vector` 中。创建 `getDates` 方法，它将返回一个 `String` 的 `Vector`，对应于执行指定活动的日期。所编写的代码需要满足下列测试：

187

```
val activities = Vector(
  Activity("01-01", "Run"),
  Activity("01-03", "Ski"),
  Activity("01-04", "Run"),
  Activity("01-10", "Ski"),
  Activity("01-03", "Run"))
getDates("Ski", activities) is
  Vector("01-03", "01-10")
getDates("Run", activities) is
  Vector("01-01", "01-04", "01-03")
getDates("Bike", activities) is Vector()
```

6. 在前一个练习的基础上创建 `getActivities` 方法，它返回的也是一个 `String` 的 `Vector`，但是正好反过来，表示对应于指定日期的活动。所编写的代码需要满足下列测试：

```
getActivities("01-01", activities) is
  Vector("Run")
getActivities("01-02", activities) is
  Vector()
getActivities("01-03", activities) is
  Vector("Ski", "Run")
getActivities("01-04", activities) is
  Vector("Run")
getActivities("01-10", activities) is
  Vector("Ski")
```

188

# 基于类型的模式匹配

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

你已经看到过基于值的模式匹配，还可以按照值的类型来匹配。下面的方法并不关心其参数的类型：

```

1  // PatternMatchingWithTypes.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  def acceptAnything(x:Any):String = {
5      x match {
6          case s:String => "A String: " + s
7          case i:Int if(i < 20) =>
8              s"An Int Less than 20: $i"
9          case i:Int => s"Some Other Int: $i"
10         case p:Person => s"A person ${p.name}"
11         case _ => "I don't know what that is!"
12     }
13 }
14 acceptAnything(5) is
15     "An Int Less than 20: 5"
16 acceptAnything(25) is "Some Other Int: 25"
17 acceptAnything("Some text") is
18     "A String: Some text"
19
20 case class Person(name:String)
21 val bob = Person("Bob")
22 acceptAnything(bob) is "A person Bob"
23 acceptAnything(Vector(1, 2, 5)) is
24     "I don't know what that is!"
```

189

`acceptAnything` 的参数类型 `Any` 是之前还未见过的。顾名思义，`Any` 允许任何类型的参数。如果向某个方法传递的类型具有多样性，并且它们没有任何共性成分，那么 `Any` 就可以解决此问题。

`match` 表达式会查找 `String`、`Int` 或我们自己的类型 `Person`，并为每一种类型返回恰当的消息。注意“值声明”(`s:String`、`i:Int` 和 `p:Person`) 是如何为在 `=>` 右边的表达式提供用于生成结果的值的。

第 7 行通过在值上使用 `if` 测试对该类型的匹配进行了限制。

记住，在模式匹配中我们提到过，下划线的作用是通配符，用来匹配任何

与前面的值都不匹配的对象。

### 练习

1. 创建 `plus1` 方法，它会将 `String` 变成复数、将 1 加到 `Int` 上以及将 “+guest” 加到 `Person` 对象上。所编写的代码需要满足下列测试：

```
plus1("car") is "cars"
plus1(67) is 68
plus1(Person("Joanna")) is
"Person(Joanna) + guest"
```

2. 创建 `convertToSize` 方法，它会将 `String` 转换为它的长度，对于 `Int` 和 `Double` 将直接使用，并且将 `Person` 转换为 1。如果没有匹配的类型，那么返回 0。你的方法的返回类型是什么？所编写的代码需要满足下列测试：

```
convertToSize(45) is 45
convertToSize("car") is 3
convertToSize("truck") is 5
convertToSize(Person("Joanna")) is 1
convertToSize(45.6F) is 45.6F
convertToSize(Vector(1, 2, 3)) is 0
```

190



3. 修改前一个练习的 `convertToSize`，使其返回一个整数。使用 `scala.math.round` 方法对 `Double` 先做舍入。是否需要声明返回类型？你看到这么做的好处了吗？所编写的代码需要满足下列测试：

```
convertToSize2(45) is 45
convertToSize2("car") is 3
convertToSize2("truck") is 5
convertToSize2(Person("Joanna")) is 1
convertToSize2(45.6F) is 46
convertToSize2(Vector(1, 2, 3)) is 0
```

4. 创建新方法 `quantify`，在参数小于 100 时返回 “small”，在 100 ~ 1000 之间时返回 “medium”，大于 1000 时返回 “large”。该方法既可以支持 `Double` 类型的参数，也可以支持 `Int` 类型的参数。所编写的代码需要满足下列测试：

```
quantify(100) is "medium"
quantify(20.56) is "small"
quantify(100000) is "large"
quantify(-15999) is "small"
```

5. 模式匹配中包含一个基于阳光充足与否预报天气的练习，当时我们使用离散值进行测试。这次使用值的范围重写这个练习，创建方法 `forecast`，它表示云量的百分比，并使用该百分比产生“天气预报”字符串，例如“Sunny”(100)、“Mostly Sunny”(80)、“Partly Sunny”(50)、“Mostly Cloudy”(20)和“Cloudy”(0)。所编写的代码需要满足下列测试：

```
forecast(100) is "Sunny"  
forecast(81) is "Sunny"  
forecast(80) is "Mostly Sunny"  
forecast(51) is "Mostly Sunny"  
forecast(50) is "Partly Sunny"  
forecast(21) is "Partly Sunny"  
forecast(20) is "Mostly Cloudy"  
forecast(1) is "Mostly Cloudy"  
forecast(0) is "Cloudy"  
forecast(-1) is "Unknown"
```

191

l

192

## 基于case类的模式匹配

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, §

尽管 `case` 类能够在各种情况下发挥作用，但是它们最初是为了模式识别而设计出来的，并且非常适合这项任务。在使用 `case` 类进行模式识别时，`match` 表达式甚至可以抽取类的参数域。

下面的例子对使用各种不同交通方式的游客的旅行情况进行了描述：

```

1  // PatternMatchingCaseClasses.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  case class Passenger(
5      first:String, last:String)
6  case class Train(
7      travelers:Vector[Passenger],
8      line:String)
9  case class Bus(
10     passengers:Vector[Passenger],
11     capacity:Int)
12
13 def travel(transport:Any):String = {
14     transport match {
15         case Train(travelers, line) =>
16             s"Train line $line $travelers"
17         case Bus(travelers, seats) =>
18             s"Bus size $seats $travelers"
19         case Passenger => "Walking along"
20         case what => s"$what is in limbo!"
21     }
22 }
23
24 val travelers = Vector(
25     Passenger("Harvey", "Rabbit"),
26     Passenger("Dorothy", "Gale"))
27
28 val trip = Vector(
29     Train(travelers, "Reading"),
30     Bus(travelers, 100))
31
32 travel(trip(0)) is "Train line Reading " +
33     "Vector(Passenger(Harvey,Rabbit), " +
34     "Passenger(Dorothy,Gale))"
35 travel(trip(1)) is "Bus size 100 " +

```

```
36  "Vector(Passenger(Harvey,Rabbit), " +
37  "Passenger(Dorothy,Gale))"
```

第 4 行是包含了游客名字的 `Passenger` 类, 第 6 ~ 11 行是各种不同的交通方式及其各自不同的细节。但是, 所有交通类型都有共同之处: 它们都可以承载游客。我们可以创建的最简单的“游客列表”是 `Vector[Passenger]` 类型。注意, 将其囊括到 `case` 类中是如此容易: 只需将其置于参数列表中。

`travel` 方法包含单个 `match` 表达式, 而 `travel` 的参数类型为 `Any`, 就像前一个原子那样。在这种情况下需要使用 `Any` 是因为我们想要将 `travel` 应用于前面定义的所有 `case` 类, 而它们并没有任何共同之处。

第 15 行所示为要匹配的 `case` 类, 包括用来创建匹配对象的参数。在第 15 行, 参数被命名为 `travelers` 和 `line`, 就像在类定义中那样, 但是你可以使用任何名字。当匹配发生时, 创建标识符 `travels` 和 `line`, 并且在创建 `Train` 对象时获取参数值, 因此它们可以用于“火箭”( $\Rightarrow$ ) 符号的右侧表达式中。我们可以在 `case` 表达式中声明任何变量, 并直接使用它们。这些类型(在本例中是 `Vector[Passenger]` 和 `String`)是推断出来的。

构造器中的名字不必匹配 `case` 类的参数(见第 17 行)。在第 9 行定义 `Bus` 时, 我们将域指定为 `passengers` 和 `capacity`。匹配模式使用的是 `travelers` 和 `seats`, 匹配表达式的提取机制会基于构造器中参数的顺序恰当地填充它们。

并非必须对 `case` 类参数进行拆包处理, 例如第 19 行匹配类型时就没有参数。但是如果选择将参数拆包到一个值中, 那么就可以像其他任何对象一样对其进行处理, 并且可以访问其属性。

第 20 行匹配的是没有任何类型的标识符(`what`), 这表示它会匹配上面各个 `case` 表达式未匹配的任何其他事物。这个标识符成为了在“火箭”符号右侧用来产生结果的字符串的一部分。如果你不会用到匹配的值, 那么可以将特殊字符 `_` 用作通配符标识符。

在第 24 行, 我们创建了一个 `Vector[Passenger]`, 而在第 28 行, 我们创建了一个由不同的交通类型构成的 `Vector`。每种交通类型都可以承载游客, 并且都具有相关交通方式的细节信息。

这个示例的关键是展现了 Scala 的威力: 构建表示系统的模型是如此轻松! 随着学习的深入, 你会发现 Scala 包含大量措施以保持表示方式尽量简单, 即使你的系统会变得更复杂。

194

195

## 练习

1. 在 `PatternMatchingCaseClasses.scala` 的基础上定义一个新的类 `Plane`，它包含一个 `Passenger` 的 `Vector` 和一个为飞机起的名字，这样你就可以创建一次旅行了。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val trip2 = Vector(  
  Train(travelers, "Reading"),  
  Plane(travelers, "B757"),  
  Bus(travelers, 100))  
travel(trip2(1)) is "Plane B757 " +  
  "Vector(Passenger(Harvey,Rabbit), " +  
  "Passenger(Dorothy,Gale))"
```

2. 在练习 1 的基础上修改 `Passenger` 的 `case`，使其可以抽取出对象。所编写的代码需要满足下列测试：

```
travel2(Passenger("Sally", "Marie")) is  
  "Sally is walking"
```

3. 在练习 2 的基础上支持传递进来一个 `Kitten`，确定你是否必须做出修改。所编写的代码需要满足下列测试：

```
case class Kitten(name:String)  
travel2(Kitten("Kitty")) is  
  "Kitten(Kitty) is in limbo!"
```

# 简洁性



**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

许多语言都要求程序员编写大量的代码去完成某些简单的事情，这种代码通常被认为是“陈词滥调”，但程序员又不得不“唯命是从”。

Scala 可以简洁地表示概念，有时甚至可以说是过于简洁。随着对这门语言学习的深入，你会理解为什么这种强大的简洁性可能会令人产生一种 Scala “过于复杂”的印象。

到目前为止，我们给出的代码使用的都是一致的形式，没有引入任何语法精简形式。但是，我们并不想让你在看到其他人写的 Scala 代码时目瞪口呆，所以我们将展示多种最有用的代码精简形式，慢慢地，你就会对它们的存在深感欣慰。

## 消除中间结果

在组合表达式中，最后一个表达式会变成整个表达式的结果。在下面的例子中，值会被捕获到 `val result` 中，然后 `result` 从方法中返回：

```

1 // Brevity1.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def filterWithYield1(
5   v:Vector[Int]):Vector[Int] = {
6   val result = for {
7     n <- v
8     if n < 10
9     if n % 2 != 0
10   } yield n
11   result
12 }
13
14 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
15 filterWithYield1(v) is Vector(1,3,5,7)

```

197

与将值放置到中间结果中不同，推导自身可以产生结果：

```
1 // Brevity2.scala
```

```

2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  def filterWithYield2(
5    v:Vector[Int]):Vector[Int] = {
6    for {
7      n <- v
8      if n < 10
9      if n % 2 != 0
10    } yield n
11  }
12
13 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
14 filterWithYield2(v) is Vector(1,3,5,7)

```

当你始终牢记每样事物都是一个表达式，并且最后一个表达式会变成外层表达式的结果时，事情就会变得简单了。

## 删除不必要的花括号

如果一个方法由单个表达式构成，那么环绕该方法的花括号就不是必需的。`filterWithYield2` 等效于单个表达式，因此无需环绕的花括号：

```

1  // Brevity3.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  def filterWithYield3(
5    v:Vector[Int]):Vector[Int] =
6    for {
7      n <- v
8      if n < 10
9      if n % 2 != 0
10    } yield n
11
12 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
13 filterWithYield3(v) is Vector(1,3,5,7)

```

注意，之所以可以这样做是因为我们消除了中间结果，从而形成了单个表达式。

一开始，你会纠结于在方法之间是否应该有花括号，但是我们发现自己很快就适应了，并且总是希望尽可能地消除括号。

## 是否应该使用分号？

注意前一个示例中的第 7 ~ 9 行，在推导的花括号内有多个不同的表达式。在那段配置中，行分隔符用来确定每个表达式的结束。也可以使用分号将

这些表达式置于一行之内：

```

1 // Brevity4.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 // Semicolons allow a single-line for:
5 def filterWithYield4(
6   v:Vector[Int]):Vector[Int] =
7   for{n <- v; if n < 10; if n % 2 != 0}
8     yield n
9
10 val v = Vector(1,2,3,5,6,7,8,10,13,14,17)
11 filterWithYield4(v) is Vector(1,3,5,7)

```

199

甚至可以将整个方法置于单行中（试试看）这样的方式是否更具可读性？或者更简洁？我们倾向于将推导内部的每个表达式都置于独立的行中，就像 Brevity3.scala 中那样直观。

“不要使用分号”，Scala 的作者 Kurt Vonnegut 说，“它们就是不辨雌雄的兔子，无法清楚地表示任何信息，唯一能够说明的就是你受过大学教育。”（我们可能在本书的行文中用了太多分号。）

## 移除不必要的参数

在作为对象的函数中，我们介绍了 `foreach` 方法将匿名函数作用于序列中每个元素的用法。在下面的示例中，我们把调用 `print` 的匿名函数作用于 `String` 的每个字母（`foreach` 将 `String` 作为序列处理，并提取出每个字母）：

```

1 // Brevity5.scala
2 "OttoBoughtAnAuto".foreach(c => print(c))
3 println
4 "OttoBoughtAnAuto".foreach(print(_))
5 println
6 "OttoBoughtAnAuto".foreach(print)

```

第 2 行的匿名函数已经实现了某种程度的简洁性：在参数列表中只有一个参数，因此无需圆括号，并且在函数中只有一个函数，因此无需花括号。

我们可以更进一步，即在第 4 行使用 Scala 特殊的下划线字符。到目前为止，我们只看到了将下划线当作通配符使用的情况，但是当它成为方法调用的一部分时，下划线表示“填补这个空白”，而 Scala 无需具名参数就可以为其传递每个字符。由于只有一个参数要传递给 `print`，而且 Scala 看到 `print` 将接受一个 `char`，所以 Scala 允许采用极端简洁的形式，将方法名作为参数

200

传递给 `foreach`，而且根本没有参数列表，就像第 6 行那样。Scala 通常会尽其所能地执行额外的工作来构建恰当的方法调用，因此如果你认为某种代码形式可能是可行的，那么就值得一试。

第 6 行的形式看起来挺前卫，但却是常见的惯用法（并且比其他复杂形式更具可读性）。如果你是从其他语言转到 Scala 的，那么需要转换已有的定势思维，但是你将会转而欣赏这种简洁性。

### 为返回类型使用类型推断

到目前为止，我们为方法都编写了返回类型，就像下面示例的第 4 行那样。为了提高简洁性，我们可以像第 10 行那样使用 Scala 的类型推断，从而移除返回类型：

```

1 // Brevity6.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def explicitReturnType():Vector[Int] =
5   Vector(11, 22, 99, 34)
6
7 explicitReturnType() is
8   Vector(11, 22, 99, 34)
9
10 def inferredReturnType() =
11   Vector(11, 22, 99, 34)
12
13 inferredReturnType() is
14   Vector(11, 22, 99, 34)
15
16 def unitReturnType() {
17   Vector(11, 22, 99, 34)
18 }
19
20 unitReturnType() is (())

```

201

为了让类型推断起作用，在方法参数列表和方法体之间的 `=` 仍旧是必需的。如果像第 16 行那样删除 `=`，那么 Scala 就会确认你想表达的意思是该方法不会返回任何信息，这也可以用 `Unit` 或 `()` 来表示。（为了显式地告知 `AtomicTest`，额外的括号是必需的。）有些 Scala 开发人员倾向于为方法定义返回类型，因为这可以使他们的意图更明确，也可以使编译器能够帮忙探测使用方法时产生的错误。

## 用类型为名字起别名

在使用别人的代码时，你可能会发现他们选择的名字太长或者太难用了。Scala 允许使用 `type` 关键字对现有名字起一个新名字作为别名：

```
1 // Alias.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 case class LongUnrulyNameFromSomeone()
5 type Short = LongUnrulyNameFromSomeone
6 new Short is LongUnrulyNameFromSomeone()
```

如第 6 行所示，`Short` 只是另一个名字 `LongUnrulyNameFromSomeone` 的别名

## 寻求平衡

Scala 会尽量理解你的意图。最安全的实践 Scala 简洁性的方式就是从完全明确说明开始，逐渐简化你的代码。当你走得太远时，要么 Scala 会产生错误消息，要么你会得到错误结果。当然，你必须测试自己写的所有代码。

这些有关简洁性的技术会产生更加紧凑的代码，但是也会使其更加难以阅读。你应该根据谁将来会阅读你的代码而做出恰当的选择。

202

## 练习

1. 重构下面的示例。首先，移除中间结果，所编写的代码需要满足下列测试：

```
def assignResult(arg:Boolean):Int = {
  val result = if(arg) 42 else 47
  result
}
assignResult(true) is 42
assignResult(false) is 47
```

2. 继续前一个练习，移除不必要的花括号。所编写的代码需要满足下列测试：

```
assignResult2(true) is 42
assignResult2(false) is 47
```

3. 继续前一个练习，移除方法的返回类型。注意，必须保留等号。你是否看到了不声明返回类型的负面作用？所编写的代码需要满足下列测试：

```
assignResult3(true) is 42
assignResult3(false) is 47
```

4. 使用本原子中的技术重构构造器中的 `Coffee.scala`。

203

## 风格拾遗

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of Style

大多数编程语言都会随着自身的不断成熟而开发出相应的风格指南。在某些情况下，这些指南可以告诉你如何格式化纸面上的代码，使其更具可读性。幸运的是，Scala 的代码格式化风格是在该语言破壳而出时就建立的（并且在某些情况下是由该语言的语法所强制约束的）。大多数支持 Scala 的编辑工具都会在你创建代码时自动对其进行格式化，因此你无需过虑。

Scala 风格指南（见 [docs.scala-lang.org/style](https://docs.scala-lang.org/style)）提供了有关 Scala 中普遍被接受的风格的有用信息。在本书中，我们违反了这些规则中的某些，特别是那些与增加空格提高可读性相关的规则，这都是因为书籍页面宽度的限制所造成的。随着 Scala 开发经验的不断积累，你将会发现有关 Scala 风格指南的各种趣闻。

有一项重要的指南，涉及不接受任何参数的方法上的圆括号：

```

1  // MethodParentheses.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class Simple(val s:String) {
5    def getA() = s
6    def getB = s
7  }
8
9  val simple = new Simple("Hi")
10 simple.getA() is "Hi"
11 simple.getA is "Hi"
12 simple.getB is "Hi"
13 // simple.getB() is "Hi" // Rejected

```

204

无论是 `getA` 还是 `getB` 方法都不接受任何参数，它们可以尽可能地简洁：表示成返回 `s` 值的单个表达式（不需要任何花括号）。这里省略了返回类型，因为我们利用了 Scala 的推断能力，它可以推断出每个表达式都会产生一个 `String`。

没有参数的方法可以在定义中省略圆括号，就像第 6 行中的 `getB`。注意，在第 10 行和第 11 行的测试代码中，尽管 `getA` 的定义是带圆括号的，但是在

调用它时带不带圆括号均可。但是，因为 `getB` 的定义是不带圆括号的，所以在调用它时只能不带圆括号。

这里有一个关于风格的问题：对于不带参数的方法，既然 Scala 对调用它们的方式提供了灵活性，那么这是否还是个问题？答案是“是的”：在 Scala 社区中，圆括号在风格上有特殊的含义。如果一个方法修改了对象的内部状态，即调用该方法时内部变量发生了变化，那么在该方法的定义中就应该保留圆括号。它在示意读者这是一个修改方法（它会导致对象发生变化）。理想情况下，在调用该方法时，你也应该加上圆括号以发送相同的消息（尽管你已经知道 Scala 并不强制这么做）。

另一方面，如果调用该方法产生结果时不会改变对象的任何状态，那么惯用法是在该方法的定义中删除圆括号，以便告知读者这个方法只是读取数据，而不会修改该对象。因为两个方法都可以返回 `s` 中存储的值，所以 `getB` 应该是首选形式。

为什么首选在不修改对象的方法中删除圆括号呢？因为调用 `getB` 的程序员不应该关心 `getB` 是一个域（`val`）还是一个方法（`def`）。调用者只关心 `getB` 会产生想要的值，而不是如何产生这个值（统一访问原则）。

## 练习

1. 创建类 `Exclaim`，它有一个类参数 `var s:String`。创建 `parens` 和 `noParens` 方法，它们会在 `s` 后面添加感叹号，并返回添加之后的结果。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val e = new Exclaim("yes")
e.noParens is "yes!"
e.parens() is "yes!"
```

2. 在练习 1 的基础上修改 `noParens`，使其成为一个域（`val`）而不是一个方法。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val e2 = new Exclaim2("yes")
e2.noParens is "yes!"
e2.parens() is "yes!"
```

3. 重构练习 1 的解决方案，将其重命名为类 `Exclaim3`。移除与 Scala 中有关圆括号的惯用风格不匹配的方法。

4. 在前一个练习的类中添加变量 `count`。当有人调用添加感叹号的方法时就

递增 `count`。调用该方法两次，所编写的代码需要满足下列测试：

```
val e4 = new Exclaim4("counting")
// Call exclamation method
// Call exclamation method again
e4.count is 2
```

## 地道的Scala

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

说母语的人都会使用母语中的习语，这种地道的表达方式不仅能够让其他同胞理解其含义，还能够使自己看起来像个语言专家。为了减轻你的负担，我们不会强迫你遵守本书之前推荐的风格。不过既然你已经阅读了简洁性和风格拾遗原子，那么就让我们重新做一遍之前的一些练习，使得它们的解决方案更接近于 Scala 社区的期望。

### 练习

完成下面的练习，运用简洁性和风格拾遗中的指南，以及你到目前为止学习过的其他概念。

1. 重构条件表达式中的 If4.scala 和 If5.scala。
2. 重构 for 循环中的 For.scala。
3. 重构组合表达式中的 CompoundExpressions2.scala。
4. 重构方法中的 AddMultiply.scala。移除方法的返回类型。
5. 重构更多的条件表达式中的 CheckTruth.scala。
6. 重构类中的方法中的 Dog.scala、Cat.scala 和 Hamster.scala。
7. 重构类参数中的 ClassArg.scala 和 VariableClassArgs.scala。

## 定义操作符

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

方法名可以包含几乎所有字符。例如，在创建数学包时，你可以按照数学家的方式定义希腊字母西格玛（对序列求和），还可以对操作符 + 赋予新的含义。Scala 处理西格玛和 + 的方式与处理方法名中任何其他字符（如 f、g 和 plus）的方式一样：

```

1 // Molecule.scala
2 class Molecule {
3     var attached:Molecule = _
4     def plus(other:Molecule) =
5         attached = other
6     def +(other:Molecule) =
7         attached = other
8 }
9
10 var m1 = new Molecule
11 var m2 = new Molecule
12 m1.plus(m2)
13 m1.+(m2)
14 // Infix calls:
15 m1 plus m2
16 m1 + m2

```

这个类对称为 `Molecule` 的事物建立了模型，一个 `Molecule` 对象会依附于另一个其自身类型的对象。第 3 行的 `attached` 域将一个 `Molecule` 与另一个 `Molecule` 连接起来，并且必须进行初始化，以避免 Scala 报错。这里，我们还调用了 Scala 的特殊“空”字符，即下划线的另一重含义。在初始化表达式中使用下划线时，它表示“缺省的初始化值”。

208

注意，在第 4 ~ 5 行和第 6 ~ 7 行定义的方法除了方法名之外完全一样：一个名字是 `plus`，另一个是 `+`。Scala 会等同地处理这两个方法。在第 12 行和第 13 行，你看到的是普通的采用“圆点表示法”的方法调用，但是两个方法都可以通过中缀表示法来调用，即像第 15 行和第 16 行那样将方法名置于对象之间。第 16 行碰巧读起来和我们熟知的数学表达式一样，但是它与使用 `plus` 的第 12 行相比没有任何不同。（中缀表达式使得 `AtomicTest` 能够支持其

“对象 is 表达式”的语法。)

某些语言提供了操作符重载机制，即将一组挑选出来的字符保留下，并赋予特殊的解析方式和行为。与此不同的是，Scala 使得所有字符都是平等的，并且处理所有方法的方式也是相同的，如果它们碰巧看起来像操作符，那也只是你自己的看法而已。因此，Scala 没有提供操作符重载机制，而是选择了更加优雅的方式。

因为在方法名中字符都是平等对待的，所以你可以轻而易举地创建出天书一般的代码（添加 `import` 语句可以消除警告信息）：

```

1 // Swearing.scala
2 import language.postfixOps
3
4 class Swearing {
5     def #!>% = "Rowzafrazaca!"
6 }
7 val x = new Swearing
8 println(x.#!>%)
9 println(x #!>%)

```

Scala 可以接受上面的代码，但是这对读者而言意味着什么呢？因为对代码更多的是阅读而不是编写，所以应该使程序尽可能地易于理解。遗憾的是，即使某些标准的 Scala 库也违反了这项原则，这助长了人们谴责 Scala 过于复杂和愚钝的风气。实际上，这是因人而宜的。Scala 并没有为了防止出错而因噎废食，它依然蕴含着强大的编程威力，所以，你确实有可能创建出复杂而愚钝的代码，当然，你也可以创建出优雅而透明的代码。

即使一种语言不包含重载机制或不具备让程序员发明自己的操作符的能力，它也可以良好地运转。这些都不是必需的特性，但是它们却很好地展示了一种编程语言不仅仅是一种操作底层计算机的方式，这只是它最容易实现的部分，而难实现的部分在于通过精巧的设计使其能够提供更好的方式来表示抽象，这样人们就可以更容易地理解代码，而不会陷入不必要的各种细节之中。定义操作符时确实有可能造成其含义模糊，因此要缜密行事。

209

一切皆为身外之物，因此厕纸也是，但是我仍需要它。

——Barry Hawkins

## 练习

1. 在类的练习的练习 4 中，你创建了 `SimpleTime` 类，它有一个 `subtract` 方法。将该方法名修改为负号 (`-`)。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val someT1 = new SimpleTime2(10, 30)
val someT2 = new SimpleTime2(9, 30)
val someST = someT1 - someT2
someST.hours is 1
someST.minutes is 0
val someST2 = new SimpleTime2(10, 30) -
  new SimpleTime2(9, 45)
someST2.hours is 0
someST2.minutes is 45
```

210

2. 创建类 `FancyNumber1`，它接受一个 `Int` 作为类参数，并且有一个 `power(n:Int)` 方法，该方法将传递进来的参数扩大到它的 `n` 次幂。提示：你可以选择使用 `scala.math.pow`，如果使用的话，那么自学一下 `toInt` 和 `toDouble` 的用法。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val a1 = new FancyNumber1(2)
a1.power(3) is 8
val b1 = new FancyNumber1(10)
b1.power(2) is 100
```

3. 在前一个练习的解决方案中添加一个将 `power` 替换为 `^` 的方法。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val a2 = new FancyNumber2(2)
a2.^(3) is 8
val b2 = new FancyNumber2(10)
b2 ^ 2 is 100
```

4. 在前一个练习的基础上添加另一个方法 `**`，它与 `^` 的作用相同。你是否看到了保留 `power` 并在两个添加的方法中调用它的好处？所编写的代码需要满足下列测试：

```
val a3 = new FancyNumber3(2.0)
a3.**(3) is 8
val b3 = new FancyNumber3(10.0)
b3 ** 2 is 100
```

211

## 自动字符串转换

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

`case` 类可以将对象连同其参数恰当地格式化为适于显示的形式（见第 6 行）：

```
1 // Bicycle.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 case class Bicycle(riders:Int)
5 val forTwo = Bicycle(2)
6 forTwo is "Bicycle(2)" // Nice
```

在创建 `case` 类时会自动创建称为 `toString` 的方法。无论何时，只要你对某个对象进行操作，并希望它是一个 `String`，那么 Scala 就会通过调用 `toString` 方法默默地为该对象产生一个 `String` 表示。

如果创建的是一个常规的非 `case` 类，那么还是可以获得自动创建的 `toString`。

```
1 // Surrey.scala
2 class Surrey(val adornment:String)
3 val fancy = new Surrey("fringe on top")
4 println(fancy) // Ugly
```

这里用到了缺省的 `toString` 方法，它看起来不太有用。当你运行 `Surrey.scala` 时，你得到的输出类似于 `Main$$anon$1$Surrey@7b2884e0`。要想得到更有用的结果，就得定义自己的 `toString`：

```
1 // SurreyWithToString.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class Surrey2(val adornment:String) {
5   override def toString =
6     s"Surrey with the $adornment"
7 }
8
9 val fancy2 = new Surrey2("fringe on top")
10 fancy2 is "Surrey with the fringe on top"
```

第 5 行引入了一个新的关键字：`override`。Scala 坚持使用该关键字是有必要的，因为 `toString` 已经定义过了（即会产生丑陋结果的那个定义）。`override` 关键字告诉 Scala：是的，我们确实想用自己的定义替换它。这种明确性使得读者很清楚代码的意图，并且有助于防止出错。注意，在这里我们使用了简洁语法形式：没有圆括号（因为方法没有修改该对象）、返回类型推断，以及单行方法。

良好的 `toString` 在调试程序时非常有用，有时只需看一眼对象的内部就足以了解发生了什么错误。

### 练习

1. 覆盖 `case` 类中的 `toString`。修改 `Bicycle`，使其 `toString` 产生“`Bicycle built for 2`”。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val forTwo = Bicycle(2)
forTwo is "Bicycle built for 2"
```

2. 在前一个练习的基础上展示 `toString` 方法可以比单行方法更加复杂。
  - A) 修改类名为 `Cycle`，在创建其对象时将轮子的数量作为类参数传递。
  - B) 使用模式匹配机制，为独轮车显示“`Unicycle`”、两轮车显示“`Bicycle`”、三轮车显示“`Tricycle`”、四轮车显示“`Quandricycle`”，并且为任何多于四个轮子的车显示“`Cycle with n wheels`”，其中“`n`”将被传递进来的参数所替换。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val c1 = Cycle(1)
c1 is "Unicycle"
val c2 = Cycle(2)
c2 is "Bicycle"
val cn = Cycle(5)
cn is "Cycle with 5 wheels"
```

3. 在前一个练习的基础上添加相应的功能，对于轮子数为负的情况，将满足下面的测试：

214  

`Cycle(-2) is "That's not a cycle!"`

## 元组

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

假设从某个方法返回的结果必须超过一项，例如一个值和有关这个值的一些信息，那么创建特殊的类来保存返回值就是一种完全合法的方式：

```

1 // ReturnBlob.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 case class
5   ReturnBlob(data:Double, info:String)
6
7 def data(input:Double) =
8   if(input > 5.0)
9     ReturnBlob(input * 2, "High")
10  else
11    ReturnBlob(input * 2, "Low")
12
13 data(7.0) is ReturnBlob(14.0, "High")
14 data(4.0) is ReturnBlob(8.0, "Low")

```

许多编程语言的设计者都认为这是一种能够胜任的解决方案，但这其实属于小技巧解决大问题的情况：尽管返回多个值是一项很有用的技术，但是在不支持元组的语言中，这项技术并非经常用到，更多的还是使用类似上面这种定义一个类来包装多个值的方法。

元组使得我们可以毫不费力地收集多个元素。它就像 `ReturnBlob` 一样，但是 Scala 会自动帮助我们完成所有工作。可以通过将元素集合到圆括号的内部来创建元组：

`(element1, element2, element3, ...)`

可以用元组来重写上面的示例：

```

1 // Tuples.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def data2(input:Double):(Double, String) =
5   if(input > 5.0)
6     (input * 2, "High")
7   else

```

```

8      (input * 2, "Low")
9
10 data2(7.0) is (14.0, "High")
11 data2(4.0) is (8.0, "Low")
12
13 def data3(input:Double) =
14   if(input > 5.0)
15     (input * 2, "High", true)
16   else
17     (input * 2, "Low", false)
18
19 data3(7.0) is (14.0, "High", true)
20 data3(4.0) is (8.0, "Low", false)

```

第 4 行指定了返回类型，其中元组返回类型是用圆括号括起来的，而第 13 行对返回的元组进行了类型推断。注意，第 6、8、15 和 17 行通过将值放到圆括号中返回了元组，通过第 15 和 17 行可见返回额外的元素是非常容易的。元组使得集合元素变得易如反掌，因而成为了一种毫不费力的选择。实际上，在程序员了解元组之前，他们总是按照只返回单个事物的模式来思考问题，而在了解元组之后，返回多个元素就变成了一种很自然的方法，这种特性的存在改变了我们的编程方式。

如果你有一个元组，并且想捕获其中的值，那么就可以像第 6 行那样使用元组的拆包机制：

```

1 // TupleUnpacking.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def f = (1,3.14,"Mouse",false,"Altitude")
5
6 val (n, d, a, b, h) = f
7
8 (a, b, n, d, h) is
9   ("Mouse", false, 1, 3.14, "Altitude")
10
11 // Tuple indexing:
12 val all = f
13 f._1 is 1
14 f._2 is 3.14
15 f._3 is "Mouse"
16 f._4 is false
17 f._5 is "Altitude"

```

在第 6 行，单个 `val` 后面跟着一个由五个标识符构成的元组，表示对 `f` 返回的元组进行拆包。在第 8 行，我们甚至用 `is` 左边的元组编写了测试（我

们移动了某些元素的位置，这使得测试看起来更有趣一些）。

如果想要像第 12 行那样将整个元组捕获到单个 `val` 或 `var` 中，那么可以通过 `._n` 这样的索引来选择每一个元素（见第 13 ~ 17 行，注意，我们是从 1 而非 0 开始计数的）。

有一种类似的形式可以拆包 `case` 类。在第 6 行，`case` 类的行为几乎与具有附加类名的元组一样：

```
1 // CaseUnpack.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 case class Employee(name:String, ID:Int)
5 val empA = Employee("Bob", 1130)
6 val Employee(nm, id) = empA
7 nm is "Bob"
8 id is 1130
```

217

甚至可以通过使用元组来进行组合初始化（这是否能够使得代码更易于阅读取决于具体的上下文）：

```
scala> var (d, n, s) = (1.1, 12, "Hi")
d: Double = 1.1
n: Int = 12
s: String = Hi
```

如果没有元组，那么将元素集合起来的方法会显得很尴尬。有了元组，将元素集合到群组中就变得轻而易举，从而产生更优良的代码。

## 练习

- 拆包下面的元组，将其中的值拆到具名变量 `temp`、`sky` 和 `view` 中。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val tuple1 = (65, "Sunny", "Stars")
val /* fill this in */ = tuple1
temp1 is 65
sky1 is "Sunny"
view1 is "Stars"

val tuple2 =
  (78, "Cloudy", "Satellites")
val /* fill this in */ = tuple2
temp2 is 78
sky2 is "Cloudy"
view2 is "Satellites"
```

```
val tuple3 = (51, "Blue", "Night")
val /* fill this in */ = tuple3
temp3 is 51
ski3 is "Blue"
view3 is "Night"
```

2. 创建一个保存 50 和 45 这两个值的元组。使用数字索引来拆包这两个值。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val info = // fill this in
info /* what goes here? */ is 50
info /* what goes here? */ is 45
```

3. 创建 `weather` 方法，它接受的参数为 `temperature` 和 `humidity`。你的方法将在温度超过 80 度时返回 “Hot”，在温度低于 50 度时返回 “Cold”，否则返回 “Temperate”。你的方法还将在湿度大于 40% 时返回 “Humid”，除非温度低于 50 度，此时应该返回 “Damp”，否则返回 “Pleasant”。编写针对上述条件的测试，并且还需满足下面的测试：

```
weather(81, 45) is ("Hot", "Humid")
weather(50, 45) is ("Temperate", "Humid")
```

4. 使用前一个练习的解决方案，将其中的值拆包到 `heat` 和 `moisture` 中。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val /* fill this in */ = weather(81, 45)
heat1 is "Hot"
moisture1 is "Humid"
val /* fill this in */ = weather(27, 55)
heat2 is "Cold"
moisture2 is "Damp"
```

## 伴随对象

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition



方法作用于类的特定对象：

```

1 // ObjectsAndMethods.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class X(val n:Int) {
5     def f = n * 10
6 }
7
8 val x1 = new X(1)
9 val x2 = new X(2)
10
11 x1.f is 10
12 x2.f is 20

```

在调用 `f` 时，必须在某个对象上调用它。在调用过程中，`f` 可以直接访问该对象的成员，无需对其进行限定（在第 5 行，我们直接访问 `n`，而没有指定其所属的对象）。

Scala 跟踪感兴趣的对象的方式是默默地传递一个指向该对象的引用，这个引用可以用关键字 `this` 获取。可以显式地访问 `this`，但是大多数时候并不需要访问它。这个示例与前一个完全一样，只是在第 5 行添加了 `this`。

```

1 // ThisKeyword.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class X(val n:Int) {
5     def f = this.n * 10
6 }
7
8 val x1 = new X(1)
9 val x2 = new X(2)
10
11 x1.f is 10
12 x2.f is 20

```

220

注意属于 `x1` 的 `n` 是如何与属于 `x2` 的 `n` 区分开的。Scala 在幕后实现了此功能。

有些方法不是“针对”特定对象的，因此将它们与某个对象联系起来并没有意义。在这种情况下，你可能会认为只需创建普通的方法（某些语言就是以这种方式工作的），但是如果像下面这样理解问题，那么说明你上档次了：“这个方法或域是与类相关的，而不是与某个特定对象相关的。”

Scala 的 `object` 关键字定义了看起来大体上与类相同的事物，只是你不能创建 `object` 的任何实例，它是唯一的。`object` 提供了一种方式，把在逻辑上彼此紧密关联但是无需多个实例的方法和域收集在一起。因此，你永远不能创建它的任何实例，它只有一个实例，那就是它自己。

```

1 // ObjectKeyword.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 object X {
5     val n = 2
6     def f = n * 10
7     def g = this.n * 20
8 }
9
10 X.n is 2
11 X.f is 20
12 X.g is 40

```

221

不能声明 `new X`。如果这么做了，那么 Scala 就会抱怨不存在“类型 X”，这是因为该 `object` 声明在建立其结构的同时创建了该对象。

在使用 `object` 时，命名惯例会稍微有所不同。典型情况下，当我们使用 `new` 关键字创建某个类的实例时，会小写该实例名的首字母。但是，在定义 `object` 时，Scala 在定义类的同时创建了该类的单一实例。因此，我们大写 `object` 名字的首字母，因为它既表示类又表示实例。

注意，第 7 行的 `this` 关键字仍起作用，但是它只是在引用那个唯一的对象实例，而不是多个可能的实例。

`object` 关键字允许创建类的伴随对象。普通对象和伴随对象的唯一差异就是后者的名称与常规类的名称相同，这就创建了伴随对象和它的类之间的关联：

```

1 // CompanionObject.scala
2 class X
3 object X

```

上面的代码使得 `object X` 成为了 `class X` 的伴随对象。

如果在伴随对象的内部创建一个域，那么不论创建多少个关联类的实例，都只会为该域产生单一的数据存储：

```

1 // ObjectField.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class X {
5     def increment() = { X.n += 1; X.n }
6 }
7
8 object X {
9     var n:Int = 0 // Only one of these
10 }
11
12 var a = new X
13 var b = new X
14 a.increment() is 1
15 b.increment() is 2
16 a.increment() is 3

```

222

第 14 ~ 16 行说明 `n` 只有单一存储（不论创建了多少实例），且 `a` 和 `b` 访问的是相同的存储。为了从类的方法中访问伴随对象的元素，必须像第 5 行那样给出伴随对象的名字。

当一个方法只访问伴随对象的域时，将该方法移动到伴随对象中就变得很有意义了：

```

1 // ObjectMethods.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class X
5
6 object X {
7     var n:Int = 0
8     def increment() = { n += 1; n }
9     def count() = increment()
10 }
11
12 X.increment() is 1
13 X.increment() is 2
14 X.count() is 3

```

223

在第 8 行，对 `n` 的访问不再需要事先进行限定，因为该方法现在与 `n` 在相同的作用域内。在第 9 行，伴随对象的方法无需限定就可以调用其他伴随对象方法。

下面介绍一种很有用的伴随对象的用法：对每个实例计数，并在显示对象

时显示该计数值。这可以为每个对象赋予唯一的标识符：

```

1  // ObjCounter.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class Count() {
5      val id = Count.id()
6      override def toString = s"Count$id"
7  }
8
9  object Count {
10     var n = -1
11     def id() = { n += 1; n }
12 }
13
14 Vector(new Count, new Count, new Count,
15     new Count, new Count) is
16 "Vector(Count0, Count1, " +
17 "Count2, Count3, Count4)"

```

通过将 `n` 初始化为 `-1`，可以使得第一次对 `id` 的调用产生 `0`。这段代码也可以用 `case` 类来编写，试着在第 4 行添加 `case` 关键字。

伴随对象提供了一些令人愉悦的语法糖，你已经看到了最常用的一种：在创建 `case` 类时，不必使用 `new` 来创建该类的实例：

```

scala> case class Car(make:String)
defined class Car

scala> Car("Toyota")
res1: Car = Car(Toyota)

```

224

这段代码是有效的，因为创建 `case` 类时会自动创建包含特殊方法 `apply` 的伴随对象，该方法称为工厂方法，因为它可以创建其他对象。当伴随对象的名字后面有圆括号时（里面带有适合的参数），Scala 就会调用 `apply`。下面的代码中，我们为非 `case` 类编写了一个工厂方法：

```

1  // FactoryMethod.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class Car(val make:String) {
5      override def toString = s"Car($make)"
6  }
7
8  object Car {
9      def apply(make:String) = new Car(make)
10 }

```

```

11
12 val myCar = Car("Toyota")
13 myCar is "Car(Toyota)"

```

`toString` 方法会产生良好的输出，就像 `case` 类一样。

伴随对象还有若干你将在其他地方学到的小语法糖，伴随对象并非严格必需的（想象一下使用普通方法和 `var/val` 的情况），但是它们使代码组织得到了优化，并且使代码更加易于理解。

浏览 ScalaDoc 时，可以点击文档页左上方区域的图形化的“O”和“C”，以实现类视图和伴随对象视图之间的切换（如果某个特定类的“O”和“C”带有一个小的切边的角，那么可以以此为依据了解这种切换对于该特定类是否可行）。

225

## 练习

1. 创建 `WalkActivity` 类，它不接受任何类参数，创建具有单个方法 `start` 的伴随对象，该方法有一个用于表示名字的参数，并且会打印出“started！”。演示这个方法是如何调用的。是否必须实例化 `WalkActivity` 对象？
2. 在前一个练习的基础上，在伴随对象中添加一个域以记录活动日志（提示：使用 `var String`）。调用 `start ("Sally")` 应该在日志中追加“[Sally] Activity started.”。同样，再增加一个类似的方法 `stop`，它可以在日志中追加“[Sally] Activity stopped.”。
3. 为任务代谢当量（MET）添加一个域，将其初始化为 2.3，并添加下面提供的方法 `calories`。你打算将这个域放在哪里？又打算将这个方法放在哪里？如果你没有将它们放在伴随对象中，那么现在就放进去。是否必须做出一些修改才能放进去？所编写的代码需要满足下列测试：

```

def calories(lbs:Int, mins:Int,
  mph:Double=3):Long = math.round(
  (MET * 3.5 * lbs * 0.45)/200.0 * mins
)
val sally = new WalkActivity3
sally.calories(150, 30) is 82

```

4. 使任务代谢当量基于步行速度而变化。添加下面的 MET 方法，并用测试来验证该方法。是将它放在类中还是放在伴随对象中？更新 `calories` 方法，使其调用 `MET(mph)`。所编写的代码需要满足下列测试：

```
def MET(mph: Double) = mph match {
  case x if(x < 1.7) => 2.3
  case x if(x < 2.5) => 2.9
  case x if(x < 3) => 3.3
  case x if(x >= 3) => 3.3
  case _ => 2.3
}
WalkActivity4.MET(1.0) is 2.3
WalkActivity4.MET(2.7) is 3.3
226
  val suzie = new WalkActivity4
  suzie.calories(150, 30) is 117
227
  val john = new WalkActivity4
  john.calories(150, 30, 1.5) is 82
```

## 继承

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

对象将数据存储于域中，并通过操作（通常称为方法）执行动作。每个对象在内存中都有独占的空间，因此一个对象的域可以具有与所有其他对象不同的值。

对象也属于一个称为类的分类，类确定了其对象的形式或模板：域和方法。因此，所有对象看起来都与（通过构造器）创建它们的类很像。

创建和调试类涉及许多工作。如果你想使一个类与现有的某个类很像，但是又有一些变化，那么该怎么办呢？从头创建新的类好像有点太麻烦，因此面向对象语言提供了一种称为继承的重用机制。

有了继承（遵循生物学上的继承概念），你就可以声明：“我想从现有的类创建新类，但是会做一些添加或修改。”下面的代码中，第 9 ~ 11 行通过使用 `extends` 关键字基于现有的类继承了一个新类：

```

1 // GreatApe.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class GreatApe {
5     val weight = 100.0
6     val age = 12
7 }
8
9 class Bonobo extends GreatApe
10 class Chimpanzee extends GreatApe
11 class BonoboB extends Bonobo
12
13 def display(ape:GreatApe) =
14     s"weight: ${ape.weight} age: ${ape.age}"
15 display(new GreatApe) is
16 "weight: 100.0 age: 12"
17 display(new Bonobo) is
18 "weight: 100.0 age: 12"
19 display(new Chimpanzee) is
20 "weight: 100.0 age: 12"
21 display(new BonoboB) is
22 "weight: 100.0 age: 12"

```

术语基类和导出类（或父类和子类、超类和子类）经常用于描述继承关系。这里，`GreatApe` 是基类，它看起来有一点奇怪，在下一个原子中你就会理解其中的道理：它有两个具有固定值的域。导出类 `Bonobo`、`Chimpanzee` 和 `BonoboB` 是新类型，它们与其父类完全一样。

第 13 行的 `display` 方法接受一个 `GreatApe` 作为参数，因此你会很自然地像第 15 行那样用 `GreatApe` 调用它。但是在第 17 行和第 19 行，还可以看到用 `Bonobo` 和 `Chimpanzee` 调用 `display` 的情况。即使后两种情况是不同的类型，Scala 还是会很愉快地接受它们，就好像它们与 `GreatApe` 是相同的类型一样。这对于继承中的任何层次都适用，就像在第 21 行看到的那样（`BonoboB` 距离 `GreatApe` 两个继承层次）。

上述情况之所以可行，是因为继承机制保证了从 `GreatApe` 继承而来的任何事物都是 `GreatApe`。所有作用于这些导出类对象的代码都知道这些对象的内核是 `GreatApe`，因此 `GreatApe` 中的任何方法和域在其所有子类中都可用。

继承使得我们可以编写一段代码（`display` 方法），不只是用于一种类型，而是用于该类型以及从该类型继承而来的所有类。因此，继承提供了代码简化和重用的机会。

229

本例稍显简单，因为所有的类都是完全一样的。只有当子类与其父类有所区别时，事情才会变得有趣。但是，首先我们必须先学习在继承过程中的对象初始化。

## 练习

1. 向 `GreatApe` 中添加一个 `vocalize` 方法。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val ape1 = new GreatApe
ape1.vocalize is "Grrr!"
val ape2 = new Bonobo
ape2.vocalize is "Grrr!"
val ape3 = new Chimpanzee
ape3.vocalize is "Grrr!"
```

2. 在前一个练习的基础上创建 `says` 方法，它接受一个 `GreatApe` 参数，并调用 `vocalize`。所编写的代码需要满足下列测试：

```
says(new GreatApe) is "says Grrr!"
says(new Bonobo) is "says Grrr!"
says(new Chimpanzee) is "says Grrr!"
says(new BonoboB) is "says Grrr!"
```

3. 创建 `Cycle` 类，它有一个 `wheels` 域，将其设置为 2，还有一个 `ride` 方法，会返回 “Riding”。创建从 `Cycle` 继承而来的导出类 `Bicycle`。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val c = new Cycle
c.ride is "Riding"
val b = new Bicycle
b.ride is "Riding"
b.wheels is 2
```

230

## 基类初始化

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

Scala 通过确保所有构造器都会被调用来保证正确的对象创建过程：不仅对象导出类的构造器会被调用，基类的构造器也会被调用。继承原子给出的示例中，基类没有构造器参数。如果基类有构造器参数，那么任何继承自该类的类都必须在构造过程中提供这些参数。

让我们使用构造器参数以更具意义的方式重写 GreatApe：

```

1  // GreatApe2.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class GreatApe(
5      val weight:Double, val age:Int)
6
7  class Bonobo(weight:Double, age:Int)
8      extends GreatApe(weight, age)
9  class Chimpanzee(weight:Double, age:Int)
10     extends GreatApe(weight, age)
11  class BonoboB(weight:Double, age:Int)
12      extends Bonobo(weight, age)
13
14 def display(ape:GreatApe) =
15     s"weight: ${ape.weight} age: ${ape.age}"
16
17 display(new GreatApe(100, 12)) is
18 "weight: 100.0 age: 12"
19 display(new Bonobo(100, 12)) is
20 "weight: 100.0 age: 12"
21 display(new Chimpanzee(100, 12)) is
22 "weight: 100.0 age: 12"
23 display(new BonoboB(100, 12)) is
24 "weight: 100.0 age: 12"

```

从 GreatApe 继承时，Scala 会强制我们传递构造器参数给 GreatApe 基类（否则会得到错误消息）。典型情况下，你可以通过为导出类创建参数列表的方式来产生这些参数，就像第 7、9 和 11 行那样，然后在调用基类构造器时使用这些参数。

在 Scala 为对象创建内存之后，它会首先调用基类的构造器，然后是基类

的直接导出类的构造器，最终一直调用到导出类的构造器为止。通过这种方式，所有的构造器调用都可以信赖在它们之前创建的所有子对象的有效性。实际上，对象也仅仅知道这些而已，即 `Bonobo` 对象知道它继承自 `GreatApe` 类，但是 `GreatApe` 对象无法知道它是 `Bonobo` 对象还是 `Chimpanzee` 对象，也无法调用这些子类中特有的方法。

在继承时，导出类构造器必须调用基类的主构造器。如果基类中有辅助（重载的）构造器，那么可以选择改为调用这些构造器中的某一个。导出类构造器必须将适合的参数传递给基类构造器：

```

1 // AuxiliaryInitialization.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class House(val address:String,
5     val state:String, val zip:String) {
6     def this(state:String, zip:String) =
7         this("address?", state, zip)
8     def this(zip:String) =
9         this("address?", "state?", zip)
10 }
11
12 class Home(address:String, state:String,
13     zip:String, val name:String)
14 extends House(address, state, zip) {
15     override def toString =
16         s"$name: $address, $state $zip"
17 }
18
19 class VacationHouse(
20     state:String, zip:String,
21     val startMonth:Int, val endMonth:Int)
22 extends House(state, zip)
23
24 class TreeHouse(
25     val name:String, zip:String)
26 extends House(zip)
27
28 val h = new Home("888 N. Main St.", "KS",
29     "66632", "Metropolis")
30 h.address is "888 N. Main St."
31 h.state is "KS"
32 h.name is "Metropolis"
33 h is
34 "Metropolis: 888 N. Main St., KS 66632"
35
36 val v =
37     new VacationHouse("KS", "66632", 6, 8)
38 v.state is "KS"

```

232

```

39  v.startMonth is 6
40  v.endMonth is 8
41
42  val tree = new TreeHouse("Oak", "48104")
43  tree.name is "Oak"
44  tree.zip is "48104"

```

在 `Home` 继承自 `House` 时，它向 `House` 的主构造器传递了适合的参数。  
233 注意，它还添加了自己的 `val` 参数，可见，你不会受到基类中参数的数量、类型和顺序的限制，你的唯一职责就是提供正确的基类参数。

在导出类中，通过为基类构造器调用提供必需的构造器参数，你可以在导出类的主构造器中调用任何重载的基类构造器。在 `Home`、`VacationHouse` 和 `TreeHouse` 的定义中可以看到这种用法，它们每一个都使用了不同的基类构造器。

不能在重载的导出类构造器中调用基类构造器。与之前所述一样，主构造器是所有重载构造器的“门户”。

从 `case` 类继承是受限的，就像在练习 8 中看到的那样。

## 练习

1. 在 `GreatApe2.scala` 中，在 `GreatApe` 中添加另一个 `val` 域。现在添加一个继承自 `BonoboB` 的新子类 `BonoboC`，编写代码测试 `BonoboC`。
2. 在 `GreatApe` 类中添加一个方法，并在 `Bonobo` 的构造器中调用它，以此证明 `Bonobo` 的构造器可以调用 `GreatApe` 中的方法。
3. 定义从 `House` 中导出的类 `Home`，它新添加了一个 `Boolean` 域 `heart`。所编写的代码需要满足下列测试：

```

val h = new Home
h.toString is "Where the heart is"
h.heart is true

```

234 4. 修改 `VacationHouse`，使其包含一个表示出租了多少个月的类（模式匹配在此能帮上你）。所编写的代码需要满足下列测试：

```

val v = new VacationHouse("MI","49431",6,8)
v is "Rented house in MI for months of " +
"June through August."

```

5. 创建 `Trip` 类，它包含出发地、目的地、开始日期和结束日期。创建子类 `AirplaneTrip`，它包含一部航班电影的名字，创建第二个子类 `CarTrip`。

它包含你将要自驾游的城市列表。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val t = new Trip("Detroit", "Houston",
  "5/1/2012", "6/1/2012")
val a = new AirplaneTrip("Detroit",
  "London", "9/1/1939",
  "10/31/1939", "Superman")
val cities = Vector("Boston",
  "Albany", "Buffalo", "Cleveland",
  "Columbus", "Indianapolis",
  "St. Louis", "Kansas City",
  "Denver", "Grand Junction",
  "Salt Lake City", "Las Vegas",
  "Bakersfield", "San Francisco")
val c = new CarTrip(cities,
  "6/1/2012", "7/1/2012")
c.origination is "Boston"
c.destination is "San Francisco"
c.startDate is "6/1/2012"
t is "From Detroit to Houston:"
  + " 5/1/2012 to 6/1/2012"
a is "On a flight from Detroit to"
  + " London, we watched Superman"
c is "From Boston to San Francisco:"
  + " 6/1/2012 to 7/1/2012"
```

6. 继承是否可以简化练习 5 的实现？
7. 能否考虑用其他方式来设计练习 5 中的类？
8. 当你试图从 `case` 类中继承时会发生什么？

## 覆盖方法

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

到目前为止，我们继承的类都没有真正执行任何能够使彼此有所区分的操作。当你开始覆盖方法时，继承就变得有趣了，这意味着对从基类继承而来的方法求精，使其在导出类中执行一些不同的操作。让我们看看另一个 GreatApe 示例的版本，这次无需担心构造器调用：

```

1  // GreatApe3.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  class GreatApe {
5      def call = "Hoo!"
6      var energy = 3
7      def eat() = { energy += 10; energy }
8      def climb(x:Int) = energy -= x
9  }
10
11 class Bonobo extends GreatApe {
12     override def call = "Eep!"
13     // Modify the base-class var:
14     energy = 5
15     // Call the base-class version:
16     override def eat() = super.eat() * 2
17     // Add a new method:
18     def run() = "Bonobo runs"
19 }
20
21 class Chimpanzee extends GreatApe {
22     override def call = "Yawp!"
23     override def eat() = super.eat() * 3
24     def jump = "Chimp jumps"
25     val kind = "Common" // New field
26 }
27
28 def talk(ape:GreatApe) = {
29     // ape.run() // Not an ape method
30     // ape.jump // Nor this
31     ape.climb(4)
32     ape.call + ape.eat()
33 }
34

```

```

35 talk(new GreatApe) is "Hoo!9"
36 talk(new Bonobo) is "Eep!22"
37 talk(new Chimpanzee) is "Yawp!27"

```

现在，我们看看 Ape 都做了什么，以及这些活动和能量之间的关系。任何 GreatApe 都有一个 call，它们在 eat 时存储 energy，在 climb 时消耗 energy。注意，call 没有改变对象的内部状态，因此没有使用圆括号，而 eat 改变了内部状态，因此使用了圆括号，这遵循了风格拾遗中描述的惯用法。

注意，call 在 Bonobo 和 Chimpanzee 中定义的方式与在 GreatApe 中定义的方式相同：不接受任何参数，并返回一个 String（即通过类型推断确定的类型）。这种名字、参数和返回类型的组合就是方法签名。

Bonobo 和 Chimpanzee 的 call 与 GreatApe 不同，因此我们想修改它们的 call 定义。如果在导出类中创建和基类中完全一样的方法签名，那么你就是在用新的行为替换基类中定义的行为。这称为覆盖。

当 Scala 在导出类中看到与基类一样的方法签名时，它会认为你犯了一个错误，这称为意外覆盖。它假设你是无意中选择了相同的名字、参数和返回类型，除非你使用了 override 关键字（你第一次看到它是在自动字符串转换中）来声明“是的，我就是要这么做”。override 关键字在阅读代码时也很有用，这样就不必比较签名以确定是否存在覆盖关系。

如果意外地编写了一个与基类中的方法完全一样的方法，那么就会得到一条错误消息，提示你忘了 override 关键字（试试看！）。

如果接受 Bonobo 或 Chimpanzee，并将其当作普通的 GreatApe 处理，那么事情会变得更加有趣。在第 28 行的 talk 方法中，call 方法在每种情况下都产生了正确的行为，使得 talk 好像知道对象的确切类型，并产生了 call 的恰当变体，这就是多态。

在 talk 内部只能调用 GreatApe 的方法。虽然 Bonobo 定义了 run，Chimpanzee 定义了 jump，但是它们都不是 GreatApe 的一部分，传递给 talk 的参数只是一个 GreatApe，而不是任何更具体的类型的对象。

在覆盖方法时，你会经常想调用该方法的基类版本（最首要的目的是复用代码），就像第 16 行和第 23 行那样。这会产生一个困境：如果直接调用 eat，那么就是在当前方法中调用当前方法（这就是递归）。为了说明想调用的是基类版本的 eat，需要使用 super 关键字，即“超类”的缩写。

## 练习

- 在 GreatApe3.scala 的第 7 行中，方法 eat 是用圆括号定义的，你能回忆起这是为什么吗？
- 重写编写基类初始化中练习 2 的解决方案，在基类中定义 myWords 方法，在导出类中覆盖它。所编写的代码需要满足下列测试：

238

```
val roaringApe =
  new GreatApe2(112, 9, "Male")
  roaringApe.myWords is Vector("Roar")
val chattyBonobo =
  new Bonobo2(150, 14, "Female")
  chattyBonobo.myWords is
  Vector("Roar", "Hello")
```

- 重新编写基类初始化中 Trip、AirplaneTrip 和 CarTrip 的练习，将 super 用于基类的 `toString` 方法，而不是重复其代码。以与之前相同的设置入手编写代码，但是需要满足下面的测试：

```
t is "From Detroit to Houston:" +
  " 5/1/2012 to 6/1/2012"
a is
  "From Detroit to London:" +
  " 9/1/1939 to 10/31/1939" +
  ", we watched Superman"
c.origination is "Boston"
c.destination is "San Francisco"
c.startDate is "6/1/2012"
c is "From Boston to San Francisco:" +
  " 6/1/2012 to 7/1/2012, we visited" +
  " Vector(Albany, Buffalo, " +
  "Cleveland, Columbus, Indianapolis," +
  " St. Louis, Kansas City, Denver, " +
  "Grand Junction, Salt Lake City, " +
  "Las Vegas, Bakersfield)"
```

239

# 枚举

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

枚举是名字的集合。Scala 的 `Enumeration` 类提供了一种管理这些名字的便捷方式。要想创建一个枚举，通常需要将 `Enumeration` 类继承到 `object` 中：

```

1  // Level.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  object Level extends Enumeration {
5    type Level = Value
6    val Overflow, High, Medium,
7        Low, Empty = Value
8  }
9
10 Level.Medium is "Medium"
11 import Level._
12 Medium is "Medium"
13
14 { for(n <- Range(0, Level.maxId))
15   yield (n, Level(n)) } is
16   Vector((0, Overflow), (1, High),
17   (2, Medium), (3, Low), (4, Empty))
18
19 { for(lev <- Level.values)
20   yield lev }.toIndexedSeq is
21   Vector(Overflow, High,
22   Medium, Low, Empty)
23
24 def checkLevel(level:Level)= level match {
25   case Overflow => ">>> Overflow!"
26   case Empty => "Alert: Empty"
27   case other => s"Level $level OK"
28 }
29
30 checkLevel(Low) is "Level Low OK"
31 checkLevel(Empty) is "Alert: Empty"
32 checkLevel(Overflow) is ">>> Overflow!"

```

`Enumeration` 中的名字表示各种不同的级别（见第 6 行和第 7 行）。乍一看，就像我们在创建一组 `val`，并且只有 `Empty` 赋值给了 `Value` (`Enumeration`

部分), 但是 Scala 允许缩写定义, 因此这两行代码实际上表示创建一个新的 **Value**, 用于表示你看到的每个 **val**。

第 5 行初看起来有点令人意外, 好像第 4 行的 **Level** 定义已经完成了引入新的类型的任务, 但是如果注释掉第 5 行, 就会发现情况完全不同。这是因为创建 **object** 不会以创建 **class** 的方式创建新类型。如果我们想将其当作类型处理, 那么必须使用 **type** 关键字 (在简洁性中介绍过) 为 **Level** 起别名 **Value**。

在第 10 行可以看到, 如果只创建枚举, 那么必须限定每个对枚举名字的引用。为了消除这种额外的噪声, 可以在第 11 行使用 **import** 语句。在这种情况下, 并非从该文件外部导入某个包, 而是将 **Level** 枚举中的所有名字导入当前名字空间 (这是一种避免名字彼此冲突的方式)。在第 12 行中可以看到, 我们不再需要限定就可以访问枚举名了。

在 **Value** 中有一个 **id** 域, 每当创建新的 **Value** 时, 它就会递增。第 14 行和第 15 行的 **for** 循环创建了由每个 **id** 和该 **id** 对应的显示名字构成的组合, 并通过 **yield** 方法产生由它们构成的元组 (参见元组)。注意 **id** 是如何从 0 到 **maxId** 进行编号的。第 15 行给出了如何使用 **id** 值来查找相应的枚举元素 (只需使用圆括号)。

241

第 19 行说明还可以通过使用 **values** 域来遍历枚举名。我们调用 **toIndexedSeq** 来产生 **Vector**, 因为那正是我们熟悉的集合。

第 24 行开始的 **checkLevel** 方法展示了 **Level** 是如何变成一种新类型的, 但是它具有用于该方法内部的便捷名字。与之前一样, 如果没有第 11 行的 **import** 语句, Scala 将无法识别 **Level**。

枚举可以使代码更易于阅读, 而这正是大家所期望的。

## 练习

- 用 **January**、**February** 等创建用于 **MonthName** 的枚举。所编写的代码需要满足下列测试:

```
MonthName.February is "February"
MonthName.February.id is 1
```

- 在前一个练习中, **id** 为 1 表示的是 2 月, 这并非我们所期望的, 我们想让 **id** 为 2 表示 2 月, 因为 2 月是第 2 个月。试着显式地设置 1 月为 **Value(1)**, 但对其他月份不做显式设置。这样做能够让你了解有关 **Value**

设置的什么信息？

```
MonthName2.February is "February"
MonthName2.February.id is 2
MonthName2.December.id is 12
MonthName2.July.id is 7
```

3. 在前一个练习的基础上，演示如何使用 `import` 才能不必限定名字空间：创建 `monthNumber` 方法，它会返回恰当的值。所编写的代码需要满足下列测试：

```
July is "July"
monthNumber(July) is 7
```

242

4. 创建 `season` 方法，它接受一个（练习 1 中的）`MonthName` 类型。如果月份是 12 月、1 月或 2 月，返回 “Winter”；如果月份是 3 月、4 月或 5 月，返回 “Spring”；如果月份是 6 月、7 月或 8 月，返回 “Summer”；如果月份是 9 月、10 月或 11 月，返回 “Autumn”。所编写的代码需要满足下列测试：

```
season(January) is "Winter"
season(April) is "Spring"
season(August) is "Summer"
season(November) is "Autumn"
```

5. 修改总结 2 中的 `TicTacToe.scala`，在其中使用枚举。  
 6. 修改 `Level.scala` 中的 `Level` 枚举代码。创建一个新的 `val`，并添加另一个表示 “Draining, Pooling, and Dry” 值集的 `Level` 枚举。根据需要更新第 14 ~ 28 行的代码。所编写的代码需要满足下列测试：

```
Level.Draining is Draining
Level.Draining.id is 5
checkLevel(Low) is "Level Low OK"
checkLevel(Empty) is "Alert"
checkLevel(Draining) is "Level Draining OK"
checkLevel(Pooling) is "Warning!"
checkLevel(Dry) is "Alert"
```

243

## 抽象类

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

抽象类就像普通类一样，只是其中的一个或多个方法或域是不完整的。Scala 延续了 Java 的做法，用 `abstract` 关键字来描述抽象类，抽象类包含了未定义的方法或未初始化的域。试着从下面两个类中移除 `abstract` 关键字，看看会得到什么消息：

```

1  // AbstractKeyword.scala
2  abstract class WithValVar {
3      val x:Int
4      var y:Int
5  }
6
7  abstract class WithMethod {
8      def f():Int
9      def g(n:Double)
10 }

```

第 3 行和第 4 行声明了 `x` 和 `y`，但是没有为其提供任何初始化值（声明用于描述事物，但是并不提供用于创建值的存储或方法代码的定义）。如果没有初始化器，Scala 就会认为 `var` 和 `val` 都是 `abstract` 的，并且要求用 `abstract` 关键字修饰这个类。如果没有初始化器，Scala 无法从中推断出任何类型，因此它还会要求提供描述 `abstract` 的 `var` 或 `val` 的类型信息。

第 8 行和第 9 行声明了 `f` 和 `g`，但是没有为其提供任何方法定义，与前面一样，Scala 会强制该类成为 `abstract` 的。如果像第 9 行那样，没有为该方法给出返回类型，那么 Scala 就会认为它返回 `Unit`。

对于以抽象类为基础最终创建的类，抽象方法和域必须以某种方式（以具体方法的形式）存在于其中。

声明而不定义方法使得我们可以描述结构而无需指定形式，其最常见的用法是用于模板方法模式。模板方法在基类中描述了公共行为，并将各不相同的细节下放到导出类中描述。

假设我们正在创建一个幼教程序，它描述了动物及其叫声，并产生“`The <animal> goes <sound>`”形式的语句。我们可以很容易地在每种具体动物类中



都创建一个新方法来实现这个目的，但是这样做是在重复劳动，并且如果我们想更改最终产生的语句，那么就不得不在所有新添加的方法中重复修改（并且可能漏掉其中一些方法）。

```

1 // AbstractClasses.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 abstract class Animal {
5   def templateMethod =
6     s"The $animal goes $sound"
7   // Abstract methods (no method body):
8   def animal:String
9   def sound:String
10 }
11
12 // Error -- abstract class
13 // cannot be instantiated:
14 // val a = new Animal
15
16 class Duck extends Animal {
17   def animal = "Duck"
18   // "override" is optional here:
19   override def sound = "Quack"
20 }
21
22 class Cow extends Animal {
23   def animal = "Cow"
24   def sound = "Moo"
25 }
26
27 (new Duck).templateMethod is
28 "The Duck goes Quack"
29 (new Cow).templateMethod is
30 "The Cow goes Moo"

```

245

`Animal` 类中的 `templateMethod` 将公共代码集中在一处。注意，`templateMethod` 调用 `animal` 和 `sound` 方法是完全合法的，尽管这些方法还没有定义。这是安全的，因为 Scala 不允许创建抽象类的实例，正如第 14 行所示（试着移除 `//` 看看会发生什么）。

我们通过扩展 `Animal` 定义了 `Duck` 和 `Cow`，并且只指定了其中产生变化的行为，而公共行为集中在基类的 `templateMethod` 中。注意，`Duck` 和 `Cow` 不是 `abstract` 的，因为它们的所有方法都有定义，我们称这种类为具体类。

为来自基类的抽象方法提供定义时，关键字 `override` 是可选的。从技术上讲，你并没有覆盖方法，因为没有任何定义可以覆盖。在 Scala 中，如果某

些事物是可选的，那么我们通常会剔除它，以减少视觉上的噪声。

因为 `Duck` 和 `Cow` 是具体的，所以它们可以被实例化，就像第 27 行和第 29 行所示。因为我们创建对象只是为了借此调用 `templateMethod`，所以是走了捷径：我们没有给这些对象赋予标识符，取而代之的是用圆括号将 `new` 表达式括起来，并在所产生的对象上调用 `templateMethod`。

抽象类可以有参数，就像普通类一样：

```
1 // AbstractAdder.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 abstract class Adder(x:Int) {
5     def add(y:Int):Int
6 }
```

因为 `Adder` 是 `abstract` 的，所以不能被实例化，但是任何从 `Adder` 继承而来的类都可以通过调用 `Adder` 的构造器来执行基类初始化（就像你将在练习中看到的那样）。

## 练习

1. 修改 `Animal` 和它的子类，使其还可以表示动物都吃什么。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val duck = new Duck
duck.food is "plants"
val cow = new Cow
cow.food is "grass"
```

2. 添加新类 `Chicken` 和 `Pig`。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val chicken = new Chicken
chicken.food is "insects"
val pig = new Pig
pig.food is "anything"
```

3. 从 `Adder` 类继承，使其可实际使用。所编写的代码需要满足下列测试：

```
class NumericAdder(val x:Int)
extends Adder(x) {
    def add(y:Int):Int = // Complete this
}
val num = new NumericAdder(5)
num.add(10) is 15
```

4. `case` 类可以从 `abstract` 类继承而来吗？

5. 从 `Animal` 继承一个类，并为其创建 `animal` 方法，该方法将接受一个参数。

# 特征

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

继承可以在现有类的基础上创建新类，这样就无需从头开始重写所有类。特征是创建类的另一种可选方式：允许以零碎的方式获取能力，而不是以整块的方式继承所有能力。特征是小型的逻辑概念，这些基本的功能项使得我们可以很容易地通过“混合”各种想法来创建类。正是因为这个原因，它们经常被称为混合类型。

理想状态下，一个特征只表示单一的概念。例如，特征允许你将“颜色”“纹理”和“弹性”这三个概念分离开，而并非只是因为你在创建基类所以要将它们都放到一起。

特征的定义看起来很像类，但是使用的是 `trait` 关键字而不是 `class`。为了将多个特征组合到一个类中，需要以 `extends` 关键字开头，然后使用 `with` 关键字添加额外的特征：

```

1 // Materials.scala
2
3 trait Color
4 trait Texture
5 trait Hardness
6
7 class Fabric
8
9 class Cloth extends Fabric with Color
10 with Texture with Hardness
11
12 class Paint extends Color with Texture
13 with Hardness

```

第 9 ~ 10 行通过使用 `extends` 关键字从 `Fabric` 类创建了 `Cloth`，并使用 `with` 添加了额外的特征。一个类只能继承自单个具体类或 `abstract` 类，但是它可以组合任意多的特征。即使没有任何具体类或 `abstract` 类，就像第 12 ~ 13 行那样，还是可以在第一个特征前使用 `extends` 关键字，后面用 `with` 关键字添加剩下的特征。

像抽象类一样，特征中的域和方法可以有定义，也可以是抽象的：

```
1 // TraitBodies.scala
2
3 trait AllAbstract {
4     def f(n:Int):Int
5     val d:Double
6 }
7
8 trait PartialAbstract {
9     def f(n:Int):Int
10    val d:Double
11    def g(s:String) = s"($s)"
12    val j = 42
13 }
14
15 trait Concrete {
16     def f(n:Int) = n * 11
17     val d = 1.61803
18 }
19
20 /* None of these are legal -- traits
21 cannot be instantiated:
22 new AllAbstract
23 new PartialAbstract
24 new Concrete
25 */
26
27 // Scala requires 'abstract' keyword:
28 abstract class Klass1 extends AllAbstract
29     with PartialAbstract
30
31 /* Can't do this -- d and f are undefined:
32 new Klass1
33 */
34
35 // Class can provide definitions:
36 class Klass2 extends AllAbstract {
37     def f(n:Int) = n * 12
38     val d = 3.14159
39 }
40
41 new Klass2
42
43 // Concrete's definitions satisfy d & f:
44 class Klass3 extends AllAbstract
45     with Concrete
46
47 new Klass3
48
49 class Klass4 extends PartialAbstract
50     with Concrete
51
52 new Klass4
```

```

53
54 class Klass5 extends AllAbstract
55   with PartialAbstract with Concrete
56
57 new Klass5
58
59 trait FromAbstract extends Klass1
60 trait fromConcrete extends Klass2
61
62 trait Construction {
63   println("Constructor body")
64 }
65
66 class Constructable extends Construction
67 new Constructable
68
69 // Create unnamed class on-the-fly:
70 val x = new AllAbstract with
71   PartialAbstract with Concrete

```

251

单独的特征是不能实例化的，因为它没有全功能的构造器。在组合特征以生成新类时，所有域和方法都必须有定义，否则 Scala 会强制要求该类必须包含 `abstract` 关键字，就像第 28 ~ 29 行那样（即 `abstract` 类可以继承自特征）。这些定义可以由新类提供，就像 `Klass2` 那样，或者通过其他特征实现，就像 `Klass3`、`Klass4` 和 `Klass5` 中的 `Concrete` 那样（抽象类中的方法也支持这种操作）。

特征可以从抽象类或具体类中继承（见第 59 ~ 60 行）。通过第 62 ~ 67 行可见，即使特征不能有构造器参数，它们也可以有构造器体。

第 70 ~ 71 行展示了一个有趣的技巧：组装类并就地创建实例。此时，所产生的对象没有任何类型名。这种技术可以在不创建新的具名类的情况下创建单个实例，因为我们只在此处需要使用该类。

特征可以继承自其他特征：

```

1 // TraitInheritance.scala
2
3 trait Base {
4   def f = "f"
5 }
6
7 trait Derived1 extends Base {
8   def g = "17"
9 }
10
11 trait Derived2 extends Derived1 {
12   def h = "1.11"

```

252

```

13  }
14
15 class Derived3 extends Derived2
16
17 val d = new Derived3
18
19 d.f
20 d.g
21 d.h

```

组合特征时，有可能会将具有相同签名（方法与类型的组合）的两个方法混合在一起。如果方法或域的签名产生冲突，那么需要人工解决这种冲突，就像在 `object C` 中看到的那样（这里，`object` 起到快捷方式的作用，通过它可以创建类，然后创建该类的一个实例）：

```

1  // TraitCollision.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  trait A {
5    def f = 1.1
6    def g = "A.g"
7    val n = 7
8  }
9
10 trait B {
11  def f = 7.7
12  def g = "B.g"
13  val n = 17
14 }
15
16 object C extends A with B {
17  override def f = 9.9
18  override val n = 27
19  override def g = super[A].g + super[B].g
20 }
21
22 C.f is 9.9
23 C.g is "A.gB.g"
24 C.n is 27

```

253

方法 `f`、`g` 和域 `n` 在特征 `A` 和 `B` 中具有相同的签名，因此 Scala 不知道应该怎么办，于是给出了错误消息（试着分别注释第 17 ~ 19 行，看看会发生什么）。方法和域可以被新的定义（见第 17 ~ 18 行）覆盖，但是方法也可以使用 `super` 关键字访问它们自己在基类中的版本，就像第 19 行所示（这种行为对于域来说是不可用的，但是将来也许可以）。标识符相同但类型不同的冲突在 Scala 中是不允许的，因此无法解决这种问题。

即使特征域和方法还未定义，也可以在计算中使用它们：

```

1 // Framework.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 trait Framework {
5     val part1:Int
6     def part2:Double
7     // Even without definitions:
8     def templateMethod = part1 + part2
9 }
10
11 def operation(impl:Framework) =
12     impl.templateMethod
13
14 class Implementation extends Framework {
15     val part1 = 42
16     val part2 = 2.71828
17 }
18
19 operation(new Implementation) is 44.71828

```

254

在第 8 行，`templateMethod` 使用了 `part1` 和 `part2`，尽管它们在此处还没有任何定义。特征可以确保所有抽象域和方法必须在创建任何对象之前实现，并且除非已获得某个对象，否则不能调用其方法。

在基类类型中定义一个操作，使它依赖于将在导出类中定义的部分代码，这通常称为模板方法模式，并且是许多开发框架的基础。开发框架的设计者会编写模板方法，而你可以继承这些类型，并通过填写缺失的部分来定制满足需求的类型（就像第 14 ~ 17 行那样）。

有些面向对象语言支持多重继承，以便组合多个类。特征通常是一种更好的解决方式。如果你需要在类和特征之间做出选择，那么应该优先选择特征。

## 练习

1. 创建 `trait BatteryPower` 来报告剩余电量。如果电量多余 40%，那么报告“green”；如果电量在 20% ~ 39% 之间，那么报告“yellow”；如果电量少于 20%，那么报告“red”。实例化该 `trait`，所编写的代码需要满足下列测试：

```

class Battery extends
  EnergySource with BatteryPower
val battery = new Battery
battery.monitor(80) is "green"
battery.monitor(30) is "yellow"
battery.monitor(10) is "red"

```

255

2. 创建新类 Toy, 使用 Toy 和 BatteryPower 来创建新类 BatteryPoweredToy。  
所编写的代码需要满足下列测试:

```
val toy = new BatteryPoweredToy  
toy.monitor(50) is "green"
```

3. 直接使用 Toy 和 BatterPower 而不创建中间类来实例化一个对象。所编写的代码需要满足下列测试:

```
256  
val toy2 = new // Fill this in  
toy2.monitor(50) is "green"
```

# 统一访问方式和setter

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

下面是一个展示 Scala 灵活性（以及良好设计）的示例：

```

1  // UniformAccess.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  trait Base {
5      def f1:Int
6      def f2:Int
7      val d1:Int
8      val d2:Int
9      var d3:Int
10     var n = 1
11 }
12
13 class Derived extends Base {
14     def f1 = 1
15     val f2 = 1 // Was def, now val
16     val d1 = 1
17     // Can't do this; must be a val:
18     // def d2 = 1
19     val d2 = 1
20     def d3 = n
21     def d3_=(newValue:Int) = n = newValue
22 }
23
24 val d = new Derived
25 d.d3 is 1 // Calls getter (line 20)
26 d.d3 = 42 // Calls setter (line 21)
27 d.d3 is 42

```

257

第 5 行和第 6 行声明的 `abstract` 方法具有与第 14 行和第 15 行所示几乎相同的实现，它们只有一个区别：第 14 行与其基类版本类似，是一个 `def`，但是第 15 行实现第 6 行的 `def` 时使用的是 `val`！这是否是个问题呢？嗯，无论何时，只要调用方法 `f2`，Scala 都将其当作会产生一个 `Int` 的方法对待。在引用 `val f2` 时，它也会产生一个 `Int`。在 Scala 中，可以将无参数且会产生结果的方法当作会产生同种类型结果的 `val` 处理。这就是统一访问原则的示例：从客户端程序员的角度看，你无法告知某事物是如何实现的（这里，你无

法告知存储和计算的差异)。

反过来则是行不通的：如果基类型中有一个 `val`，那么你不能使用 `def` 来实现它。Scala 声明“`d2` 必须是稳定的且不可变更的值”，这是因为 `val` 表示一种承诺，即事物不会变更，而 `def` 意味着在产生结果的过程中会执行代码。

但是如果像第 9 行那样，域是 `var`，情况又会怎样呢？此时没有任何承诺表示它必须总是不变的，所以用 `def` 来实现它应该是可行的。但是，不能仅靠第 20 行来实现 `d3`，因为第 20 行只是产生（“获得”）结果，而 `var` 必须是可设置的。Scala 将会声明“……抽象的 `var` 要求除了有 `getter` 之外，还需要有 `setter`”。第 21 行所示为 `setter` 的形式：标识符后面跟着 `_=`，并且只有单个参数。现在，你既可以通过第 20 行的方法读取该变量，又可以通过第 21 行来修改该变量。

## 练习

258  
259

1. 说明在 `UniformAccess.scala` 中演示的统一访问原则在 `Base` 是抽象类的情况下也是可以工作的。
2. 当 `Base` 是具体类时，`UniformAccess.scala` 中的统一访问方式原则是否还可以工作？你能想出其他的使用 `setter` 的方式吗？提示：看一看基类初始化。
3. 创建一个类，它具有一个名为 `internal` 的 `var`、一个名为 `x` 的用于 `internal` 的 `getter` 和 `setter`，并证明其可以正常工作。

## 衔接Java

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

有时必须导入 Java 包以使用 Java 类。例如，Java 的 `Date` 类在 Scala 中不是直接可用的，它位于 `java.util.Date` 中，需要以导入 Scala 包的方式导入它，可以像下面这样使用 REPL：

```
scala> val d = new Date
<console>:7: error: not found: type Date
      val d = new Date
                  ^

scala> import java.util.Date
import java.util.Date

scala> val d = new Date
d: java.util.Date = Sat Aug 09 14:27:18 MDT 2014
```

通过上面的导入可以使整个 Java 标准库都是可用的。

还可以下载第三方 Java 库，并在 Scala 中使用它们。这一点很强大，因为我们现在可以在这些通过艰辛努力开发出来的 Java 库的基础上构建自己的程序。例如，可以使用非常流行的 Apache Commons Math 库中用 Java 编写的线性回归最小二乘拟合（查阅 Wikipedia）功能将一组点拟合成一条线。

可以在 [archive.apache.org/dist/commons/math/binaries](http://archive.apache.org/dist/commons/math/binaries) 下载 Apache Commons Math 库。在本书写作时，这个库的最新版本是 `commons-math3-3.3-bin.zip`。如果有更新的版本可以下载，那么你要清楚，下面的说明和代码可能都需要做一些调整（例如，一旦 Apache 将这个库移入 `math3` 中，那么我们必须将导入语句中的 `org.apache.commons.math` 修改为 `org.apache.commons.math3`）。

将 `zip` 文件解压缩到硬盘上 AtomicScala 的安装目录中，这个目录即相应的“安装”原子中所描述的目录。如果选择的是我们提供的缺省目录，那么在 Windows 上就是 `C:\AtomicScala`，在 Mac 或 Linux 上就是 `~/AtomicScala`。

现在，只需要用 `-classpath` 标志来指定该库的路径，就可以在运行 Scala 脚本时将这个库添加到 `CLASSPATH` 中。如果使用的是缺省路径，那么

对应的 shell 命令如下 (所有内容都在一行中):

```
scala -classpath $CLASSPATH:$HOME/AtomicScala/commons-
math3-3.3/commons-math3-3.3.jar LinearRegression.scala
```

在 AtomicScala/examples 目录下键入这一行, 以确保你的 CLASSPATH 设置正确。

要想在不使用 `-classpath` 参数的情况下使用该库, 就需要将 AtomicScala/commons-math3-3.3/commons-math3-3.3.jar 添加到你的 profile 文件的 CLASSPATH 中, 其添加方式在相应的“安装”原子中进行过描述。

导入 `SimpleRegression` 包的方式与导入任何其他包的方式相同:

```
1 // LinearRegression.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import org.apache.commons.math3._
4 import stat.regression.SimpleRegression
5
6 val r = new SimpleRegression
7 r.addData(1, 1)
8 r.addData(2, 1.1)
9 r.addData(3, 0.9)
10 r.addData(4, 1.2)
11
12 r.getN is 4
13 r.predict(6) is 1.19
```

261

第 6 ~ 10 行的代码创建了一个 `SimpleRegression` 类型的对象, 并且添加了多个 x 和 y 坐标。在第 12 行, 我们确保有 4 个数据点。在第 13 行, 我们对 x=6 时 y 的取值提出了要求。在使用 `SimpleRegression` 这个类时, 它看起来就像一个 Scala 类, 但是事实上它是用 Java 实现的。Java 库的生态系统令 Scala 受益匪浅。

## 练习

- 从 `java.text.SimpleDateFormat` 导入 `SimpleDateFormat` 类, 用来指定输入的日期字符串的格式。使用 Java 的 `SimpleDateFormat` 创建名为 `datePattern` 的模式, 该模式被解析为 2 位月份 /2 位日期 /2 位年份 (提示: MM/dd/yy)。所编写的代码需要满足下列测试:

```
val mayDay = datePattern.parse("05/01/12")
mayDay.getDate is 1
mayDay.getMonth is 4
```

2. 在练习 1 的解决方案中，为什么要在 `SimpleDateFormat` 模式中指定“MM”而不是“mm”？如果指定“mm”，解析器希望输入是什么格式呢？试试看。
3. 在练习 1 的解决方案中，为什么五月（May）是使用 4 而不是 5 表示的？这是你期望的吗？这与日期（day）一致吗？
4. (在本原子中导入的) Apache Commons Math 库包含一个在 `org.apache.commons.math.stat.Frequency` 中称为 `Frequency` 的类。使用其 `addValue` 方法向 `Frequency` 中添加一些字符串。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val f = new Frequency
// add values for cat, dog, cat, bird,
//   cat, cat, kitten, mouse here
f.getCount("cat") is 4
```

5. 使用上面练习中导入的 Apache Commons Math 库，针对表示百分数的数据集 10、20、30、80、90 和 100 计算其平均值和标准差。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val s = new SummaryStatistics
// add values here
s.getMean is 55
s.getStandardDeviation is
39.370039370059054
```

262

1

263

## 应用

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

为了使事情尽量简单，我们在本书中使用了脚本。构成程序更普遍的方式是编译所有代码，包括我们在脚本中输入的代码。为了实现这一点，需要创建扩展自 `App` 的 `object`。当你运行这样的程序时，就会执行该 `object` 的构造器代码，下面是一段示例：

```
1 // Compiled.scala
2
3 object WhenAmI extends App {
4     hi
5     println(new java.util.Date())
6     def hi = println("Hello! It's:")
7 }
```

`object` 自身并不需要位于一个文件中。与往常一样，构造器语句是按照顺序执行的。这里，`hi` 方法执行之后，紧跟着一个对 Java 标准库中 `Date` 类的调用（就像衔接 Java 中所介绍的）。为了编译这个应用，需要在 shell 中使用 `scalac`：

```
scalac Compiled.scala
```

为该文件起什么名字无关紧要，因为所产生的程序的名字依赖于 `object` 的名字。目录列表中会显示 `WhenAmI.class`，它就是编译过的 `object`。要想在 shell 中运行该程序，需要用到 `scala` 和该 `object` 的名字（但是不包括 `.class` 扩展名）：

```
scala WhenAmI
```

现在，Scala 不会将该程序当作脚本运行，而是找到编译过的对象，然后执行它。

如果想在命令行传递参数，该怎么办呢？`App` 中带有 `args` 对象，它包含命令行参数，这些参数以 `String` 的形式存在。下面的应用会复现它的参数：

```
1 // CompiledWithArgs.scala
2
```

```

3  object EchoArgs extends App {
4      for(arg <- args)
5          println(arg)
6  }

```

可以按前面所述的方式编译它：

```
scalac CompiledWithMain.scala
```

如果像下面这样运行该程序：

```
scala EchoArgs bar baz bingo
```

那么会看到这样的输出：

```

bar
baz
bingo

```

Scala 中还有另一种获取参数的形式，该形式遵循了在以前的编程语言中所使用的模式：定义一个称为 `main` 的方法，该方法的参数包含命令行参数。注意，此时并没有继承 `App`：

```

1 // CompiledWithMain.scala
2
3 object EchoArgs2 {
4     def main(args: Array[String]) =
5         for(arg <- args)
6             println(arg)
7 }

```

对我们的目的而言，`Array` 和 `Vector` 一样，并且所有参数都会作为 `String` 传递。使用 `main` 没有什么特别的原因，只是因为它可以使得所编写出来的代码对从其他编程语言（特别是 Java）转向 Scala 的程序员来说显得很熟悉。

## 练习

1. 针对 `Compiled.scala` 中的代码，使用 `scalac` 按照前面所述的方式编译它。用 shell 命令 `scala WhenAmI` 运行它。
2. 在特征的练习 1 中，你实现了名为 `Battery` 的类。使用应用来重新完成这个练习（提示：使用伴随对象）。在该应用对象内部运行同样的测试。
3. 在前一个练习的解决方案的基础上传递一个表示电量的参数。编译该应用，然后用下面的 shell 命令来运行它，以验证其结果：

```
scala Battery2 80 30 10
```

提示：回忆一下，你可以使用 `toInt` 将 `String` 转换为 `Int`。

265



266



## 浅尝反射

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

反射表示拿起一个对象并将其放在镜子前面，这样它就可以发现自身的奥秘。例如，我们经常想发现对象所述的类的名字。下面的 `trait` 会自动地将一个 `toString` 方法添加到任何类中，用来显示该类的名字：

```

1  // Name.scala
2  package com.atomicscala
3  import reflect.runtime.currentMirror
4
5  object Name {
6    def className(o: Any) =
7      currentMirror.reflect(o).symbol.
8      toString.replace('$', ' ').
9      split(' ').last
10 }
11
12 trait Name {
13   override def toString =
14     Name.className(this)
15 }
```

`className` 方法接受一个 `Any` 对象，并产生该对象的类名。为了实现这个目的，我们在 `currentMirror` 中 `reflect` 该对象。这样就赋予了我们访问该对象的 `symbol` 的权限，而我们正是要将 `symbol` 转换字符串。

这个字符串并非想象的那么简单。其中有时会有一些空格，有时 Scala 还会在名字中插入 \$ 符号。如果我们通过 `replace` 方法用空格替换 \$，那么接下来就可以使用 Scala 的 `split` 方法将该字符串用空格断开。这样做的结果是得到一个字符串序列，通过调用 `last`，我们可以获得该序列的最后一个元素，即类的实际名字。

现在，任何与 `Name` 特征结合的类都会自动包含一个知晓该类自身名字的 `toString` 方法。通过将 `this` 关键字传递给 `className`，我们实现了当前对象的传递。

现在，我们有了一个可以和任何类结合并向其自动添加 `toString` 方法的

可复用的工具：

```

1 // Solid.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import com.atomicscala.Name
4
5 class Solid extends Name
6 val s = new Solid
7 s is "Solid"
8
9 class Solid2(val size:Int) extends Name {
10   override def toString =
11     s"${super.toString}($size)"
12 }
13 val s2 = new Solid2(47)
14 s2 is "Solid2(47)"

```

Solid 以最简单的方式结合了 Name，但是 Solid2 又覆盖了 `toString`，它先使用 `super` 关键字来调用 Name 的版本，以获得类名，然后添加 `size` 参数以产生更具信息量的输出，就像 `case` 类一样。

Scala 的反射 API 比我们这里所展示的功能要强大得多，也要复杂得多。

268

## 练习

- 在某个 `case` 类的实例上调用 `println`。现在将该 `case` 类与 Name 组合，注意这会产生什么不同。记住，要编译 `Name.scala`，然后导入它。
- 能否在不是 `case` 类的类上使用反射？使用非 `case` 类来重做练习 1。
- 注释 `Name.scala` 中将 `$` 替换成空格并断开 `String` 的代码，这样你就能看到在修改这个字符串之前 Scala 反射所返回的内容。使用这个新类重做练习 2。
- 在特征原子的 `TraitBodies.scala` 中，我们断言第 70 ~ 71 行的代码会创建一个没有类型名的类，请确认这是否是一个真命题。

269



## 多态

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

多态是一个古老的希腊词汇，表示“许多形态”。在编程中，多态表示我们在不同的类型上执行相同的操作。

基类和特征除了用于组装类之外，还有很多其他用途。如果我们使用类 A、特征 B 和特征 C 创建新类，就可以选择将这个新类只当作 A、B 或 C 来处理。例如，如果动物和交通工具都可以移动，而你又将 `Mobile` 特征与它们都进行了结合，那么就可以编写一个方法，它接受一个 `Mobile` 参数，这样该方法就自动地既可以作用于动物，又可以作用于交通工具了。

假设我们想创建一个有趣的游戏。每个游戏元素都基于其在游戏世界中的位置将自身绘制在屏幕上，并且当两个元素靠近时，它们会进行交互。下面是一个粗略的框架，尽管我们剔除了大量实现细节，但还是能够通过多态为你呈现一种如何设计这类游戏的通用思想：

```

1  // Polymorphism.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3  import com.atomicscala.Name
4
5  class Element extends Name {
6      def interact(other:Element) =
7          s"$this interact $other"
8  }
9
10 class Inert extends Element
11 class Wall extends Inert
12
13 trait Material {
14     def resilience:String
15 }
16 trait Wood extends Material {
17     def resilience = "Breakable"
18 }
19 trait Rock extends Material {
20     def resilience = "Hard"
21 }
22 class RockWall extends Wall with Rock
23 class WoodWall extends Wall with Wood

```



```

24
25 trait Skill
26 trait Fighting extends Skill {
27   def fight = "Fight!"
28 }
29 trait Digging extends Skill {
30   def dig = "Dig!"
31 }
32 trait Magic extends Skill {
33   def castSpell = "Spell!"
34 }
35 trait Flight extends Skill {
36   def fly = "Fly!"
37 }
38
39 class Character(var player:String="None")
40   extends Element
41 class Fairy extends Character with Magic
42 class Viking extends Character
43   with Fighting
44 class Dwarf extends Character with Digging
45   with Fighting
46 class Wizard extends Character with Magic
47 class Dragon extends Character with Magic
48   with Flight
49
50 val d = new Dragon
51 d.player = "Puff"
52 d.interact(new Wall) is
53 "Dragon interact Wall"
54
55 def battle(fighter:Fighting) =
56   s"$fighter, ${fighter.fight}"
57 battle(new Viking) is "Viking, Fight!"
58 battle(new Dwarf) is "Dwarf, Fight!"
59 battle(new Fairy with Fighting) is
60 "anon, Fight!"
61
62 def fly(flyer:Element with Flight,
63   opponent:Element) =
64   s"$flyer, ${flyer.fly}, " +
65   s"${opponent.interact(flyer)}"
66
67 fly(d, new Fairy) is
68 "Dragon, Fly!, Fairy interact Dragon"

```

第 6 行的 `interact` 方法展示了两个游戏元素在靠近时是如何彼此交互的。根据参与到交互中的元素的确切类型差异, `interact` 会展示不同的行为, 这本身就是一个非常有趣且有挑战性的设计问题, 这里我们只是直接打印出两

个交互元素的名字，从而略过了这个问题。

现在我们创建不同类型的元素和特征，将它们混合起来以达成不同的效果。注意，就像类一样，特征可以彼此继承。

对于第 25 行中的 `Skill` 特征，我们只是用到了其名字，以便对继承自它的特征进行分类。但是，如果你以后又决定所有 `Skill` 都需要公共的域或方法，那么把它们添加到 `Skill` 中，这样它们就会自动出现在所有包含它的事物中。

272

到此为止，我们已经准备为实际操作游戏的玩家定义某些角色了。第 39 行的构造器参数 `player` 有缺省的参数（见具名参数和缺省参数），它是用参数类型后面的 `=` 以及字符串 `None` 指定的。

在将多个不同的 `Character` 类型组装起来之后，我们在第 50 行创建了 `Dragon`，在第 51 行我们将其 `player` 从缺省值 `None` 修改为 `Puff`。可以这样做的原因在于 `player` 是 `var` 而不是常用的 `val`，`var` 是可以修改的。通常情况下，我们会坚持使用 `val`，并且使用基类构造器调用（在练习中你将会进行这种修改）。

第 52 行是多态的第一个示例。`Dragon` 从 `Element` 继承了 `interact` 方法，但是 `interact` 接受的是 `Element` 参数，而我们传递的是一个 `Wall`。但是，`Wall` 最终继承自 `Element`，因此我们可以说“`Wall` 就是一个 `Element`”，而 Scala 认可这种说法，所以 `interact` 方法接受一个 `Element` 或任何从 `Element` 导出的事物。这就是多态，它很强大，因为你写的任何方法都可以变得更通用。`interact` 的多态可以应用于更多类型，而不仅仅局限于你写的类型，它还可以应用于任何继承自 `Element` 类型的事物上。这种多态是透明且安全的，因为 Scala 通过确保导出类（至少）拥有基类的所有方法，从而确保了导出类“是一种”基类。

第 55 行是第二个示例，这次使用了特征多态。参数 `fighter` 正好是一个特征，这意味着任何包括该特征的对象都可以安全地传递给 `fight` 方法。`Fighting` 特征只有 `fight` 这一个方法，而这就是能够在 `fighter` 中访问的全部内容，因为在 `Fighting` 特征中没有定义任何其他事物。

`Viking` 和 `Dwarf` 都包含 `Fighting` 特征，因此它们都可以传递给 `battle`，这里再次演示了多态。如果没有多态，就必须编写具体的方法，例如为 `Viking` 对象编写 `battle_viking`，为 `Dwarf` 对象编写 `battle_dwarf`。有了多态，就只需编写一个方法，而它不仅可以作用于 `Viking`

和 `Dwarf`，还可以作用于任何实现了 `Fighting` 的其他事物，包括在编写 `battle` 时还没有考虑过的类型。多态这种工具使得你可以编写更少的代码并使其更具可复用性。

看看第 59 行，它就是一个“还没有考虑过的类型”的例子，其中传递给 `battle` 的参数就是一种新类型：

`new Fairy with Fighting`

该对象的类型是我们而创建的，因为我们编写了 `new` 表达式！在该表达式中，我们将现有的 `Fairy` 类与 `Fighting` 特征结合起来，这样就创建了一个新类，而我们又立即创建了该类的一个实例。我们没有给这个类起名字，因此 Scala 会帮我们起一个：`$anon$1`（`anon` 是 `anonymous`（匿名）的缩写），而 `1` 是在 `Element` 的 `id` 碰到它时产生的。

这种因为需要使用多个类型，从而将其放在一起的技术也可以作用于参数，如第 62 行所示：第一个参数 `flyer` 混合了 `Element` 和 `Flight`。因为我们在 `Skill` 的混合中包含了 `id`，所以 `fly` 至少可以支持 `flyer.id` 和 `flyer.fly`，但是如果要让 `opponent.interact(flyer)` 可以工作，那么 `flyer` 必须确实是一个 `Element`。通过声明 `Element with Flight`，Scala 将确保任何作为 `flyer` 传递的参数都包含 `Element` 和 `Flight`，因此 `fly` 可以正确地调用它所需的所有事物。

人们经常会问一个问题：“你怎么知道要这样做？”这是一个设计上的挑战。一旦决定想要构建什么，那么就会有多种不同的方式来组装它。到目前为止，你已经看到了如何创建基类，以及在继承过程中添加新的方法，或者使用特征来混合新的功能。这些都是需要你做出的设计决策，而决策依据就是你的经验加上对所用工具系统的洞察，最后基于所要开发的系统的需求来决策怎样做是有意义的。这就是设计的过程。

不要假设一开始就可以做出正确的设计，这才是务实的态度。你应该编写一些代码，让它可以运行，然后看看运行效果。正如你已学到的，要不断地“重构”代码，直至设计方案看起来正确为止（不要满足于“代码可以工作即可”这种低标准）。

## 练习

- 编写代码验证本原子中第二段对动物 / 交通工具的描述。

273

274

2. 向 `Polymorphism.scala` 的 `Element` 中添加一个 `draw` 方法。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val e = new Element
e.draw is "Drawing the element"
val in = new Inert
in.draw is "Inert drawing!"
val wall = new Wall
wall.draw is "Inert drawing!"
```

3. 在前一个练习的基础上向 `Wall` 添加一个新的 `draw` 方法（即不要使用 `Inert draw` 方法）。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val wall = new Wall
wall.draw is "Don't draw on the wall!"
```

4. 在 `Polymorphism.scala` 第 39 行的 `Character` 定义中，我们使用 `var` 表示选手，然后在第 51 行修改了该选手。使用 `val` 来完成同样的事情。所编写的代码需要满足下列测试：

```
class Character(val player:String="None")
  extends Element
// Change the next line
class Dragon extends Character
val d = new Dragon("Puff")
d.player is "Puff"
```

275

5. 创建 `Seed` 类及其子类 `Tomato`、`Corn` 和 `Zucchini`。在每个子类中都覆盖 `toString`，以表示植物的类型。创建 `Garden` 类，它会接受任意数量的 `Seed` 作为其构造器参数，并将这些 `Seed` 存储到 `Garden` 内部的一个 `Vector` 中，覆盖 `Garden` 的 `toString` 方法，以产生这个 `Vector` 的字符串表示，该字符串将由 `mkString` 方法对其进行格式化。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val garden = new Garden(
  new Tomato, new Corn, new Zucchini)
garden is "Tomato, Corn, Zucchini"
```

6. 创建 `Shape` 特征，它有一个 `draw` 方法，该方法返回一个 `String`。创建 `Shape` 的 `Ellipse` 和 `Rectangle` 具体子类，并创建 `Ellipse` 的子类 `Circle`，创建 `Rectangle` 的子类 `Square`。创建 `Drawing` 类，它的构造器可接受任意数量的 `Shape` 对象，并将它们存储在内部的一个 `Vector` 中。

为所有类创建 `draw` 方法，并为 `Drawing` 创建额外的 `toString` 方法。所编写的代码需要满足下列测试：

```
val drawing = new Drawing(  
    new Rectangle, new Square,  
    new Ellipse, new Circle)  
drawing.draw is "Vector(Rectangle," +  
    " Square, Ellipse, Circle)"  
drawing is "Rectangle, Square," +  
    " Ellipse, Circle"
```

## 组合

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

假设你在对一栋房子建模，那么也许会像下面这样入手：

```

1  // House1.scala
2
3  trait Building
4  trait Kitchen
5  trait House extends Building with Kitchen

```

这读起来很不错：“一栋房子就是一座带有一间厨房的建筑物。”但是如果房子还包括可供其他人起居和做饭的空间，又应该怎么办呢？例如，现在有两间厨房，但是不能继承同一个特征两次（即使在该特征中设置一个类型参数也是如此）。

继承描述的是“是一个”关系，当我们大声声明“一栋房子就是一座建筑物”时，继承关系显得很有用。这种声明听起来很正确，对吗？当“是一个”关系能够讲得通时，继承通常就讲得通。

特征表示的是一种能力，因此可以认为它是“具有……能力”的关系。所以我们可能会声明“一栋房子具有……厨房……能力”。这大致能讲得通，但是很别扭。

最基础的关系不是继承，也不是特征，而是组合。组合经常被忽视，因为它看起来如此简单：你只是在内部放了些东西而已。组合是“有一个”关系，因此它可以解决我们的问题，因为可以声明“这栋房子有两间厨房”：

```

1  // House2.scala
2
3  trait Building
4  trait Kitchen
5
6  trait House extends Building {
7      val kitchen1:Kitchen
8      val kitchen2:Kitchen
9  }

```

或者，如果考虑到会出现任意数量的厨房的情况，那么可以用集合来实现

组合：

```

1 // House3.scala
2
3 trait Building
4 trait Kitchen
5
6 trait House extends Building {
7   val kitchens:Vector[Keyboard]
8 }
```

我们花了许多时间和精力来理解继承和混合，因为它们更加复杂，但是这可能会给你留下它们在某种程度上更为重要的印象。然而事实正好相反：

优先选择组合而不是继承

组合会产生更为简单的设计和实现，但是这并不表示你应该尽力回避使用继承和混合，我们压根没有这个意思。我们想表达的只是，人们往往热衷于使用那些更复杂的关系，而“优先选择组合而不是继承”这句箴言是在提醒你，退一步，仔细审视你的设计，想想为什么不能用组合使事情变得简单。我们最终的目标应该是通过正确地运用手里的工具产生良好的设计。

厨房具有存储食物和厨具、烹饪食物以及清洗厨具的能力。这些能力可以转译为特征：

278

```

1 // House4.scala
2
3 trait Building
4 trait Food
5 trait Utensil
6 trait Store[T]
7 trait Cook[T]
8 trait Clean[T]
9 trait Kitchen extends Store[Food]
10 with Cook[Food] with Clean[Utensil]
11 // Oops. Can't do this:
12 // with Store[Utensil]
13 // with Clean[Food]
14
15 trait House extends Building {
16   val kitchens:Vector[Keyboard]
17 }
```

即使想要存储厨具和清洗食物，这种方式也不允许这么做，因为不能继承同一个特征两次。一旦具有了某种能力，那么再一次添加该能力不能表示任何

## 意义

再一次，我们“优先选择组合而不是继承”，如果不是厨房具有这些能力，而是物品自身具有这些能力，情况会怎样呢？这不是在说蔬菜能够自动清洗自己，而是说蔬菜具有能够被清洗的能力。厨房确实具有储物柜和水池，但是它们是多用途的，并非专用于食物或厨具（也可以在水池中洗鞋、小孩或者小狗）。这样，房子的模型就变成了：

```

1  // House5.scala
2
3  trait Building
4  trait Room
5  trait Storage
6  trait Sink
7  trait Store[T]
8  trait Cook[T]
9  trait Clean[T]
10 trait Food extends Store[Food]
11   with Clean[Food] with Cook[Food]
12 trait Utensil extends Store[Utensil]
13   with Clean[Utensil] with Cook[Utensil]
14
15 trait Kitchen extends Room {
16   val storage:Storage
17   val sinks:Vector[Sink]
18   val food:Food
19   val utensils:Vector[Utensil]
20 }
21
22 trait House extends Building {
23   val kitchens:Vector[Kitchen]
24 }
```

在这里，我们添加了另一个“是一个”关系：`Kitchen` 是一个 `Room`。一间厨房可能会包含若干房间，但是厨房的“房间性”是其基本性质之一。

老实说，我们最初是想声明“厨房具有存储物品的能力”，这样储物柜就会成为一种能力，因此我们应该从 `Storage` 继承出 `Kitchen`。仔细考虑后，我们运用“优先选择组合而不是继承”这一原则，展示了“厨房具有储物柜”不仅更说得通，而且更灵活。注意，第 17 行允许厨房有多个水池，这是一个很好的测试，告诉你组合可以使拥有多项物品（具有不同种类）变得很容易。在继承特征时，是无法表示要继承多次的。

## 练习

280

1. 创建 trait Mobility, 它具有一个 String 方法 mobility, 该方法返回对移动类型的描述。创建类似的特征 Vision 和 Manipulator。继承出 class Robot, 它接受 mobility、vision 和 manipulator 参数, 并覆盖 toString 方法。编写的代码需要满足下列测试:

```
val walker = new Robot("Legs",
  "Visible Spectrum", "Magnet")
walker is
  "Legs, Visible Spectrum, Magnet"
val crawler = new Robot("Treads",
  "Infrared", "Claw")
crawler is "Treads, Infrared, Claw"
val arial = new Robot("Propeller",
  "UV", "None")
arial is "Propeller, UV, None"
```

2. 在练习 1 的基础上将特征转换为 case 类, 使这些类成为传递给 class Robot 的参数。编写的代码需要满足下列测试:

```
val walker = new Robot(
  Mobility("Legs"),
  Vision("Visible Spectrum"),
  Manipulator("Magnet"))
walker is "Mobility(Legs), " +
  "Vision(Visible Spectrum), " +
  "Manipulator(Magnet)"
val crawler = new Robot(
  Mobility("Treads"),
  Vision("Infrared"),
  Manipulator("Claw"))
crawler is "Mobility(Treads), " +
  "Vision(Infrared), " +
  "Manipulator(Claw)"
val arial = new Robot(
  Mobility("Propeller"),
  Vision("UV"),
  Manipulator("None"))
arial is "Mobility(Propeller), " +
  "Vision(UV), Manipulator(None)"
```

281

3. 在练习 2 的基础上修改 Robot 的参数, 允许每项能力有多个种类。在覆盖的 toString 中使用 mkString。编写的代码需要满足下列测试:

```
val bot = new Robot(
```

```

Vector(
  Mobility("Propeller"),
  Mobility("Legs")),
Vector(
  Vision("UV"),
  Vision("Visible Spectrum")),
Vector(
  Manipulator("Magnet"),
  Manipulator("Claw"))
)

bot is "Mobility(Propeller)," +
" Mobility(Legs) | Vision(UV)," +
" Vision(Visible Spectrum) | " +
"Manipulator(Magnet), " +
"Manipulator(Claw)"

```

4. 修改练习 3 的解决方案，使得 `case` 类继承自 `trait Ability`，并修改 `Robot`，使其接受单个 `Vector[Ability]` 参数。编写的代码需要满足下列测试：

```

val bot = new Robot(
  Vector(Mobility("Propeller"),
    Mobility("Legs"),
    Vision("UV"),
    Vision("Visible Spectrum"),
    Manipulator("Magnet"),
    Manipulator("Claw"))
)

bot is "Mobility(Propeller), " +
"Mobility(Legs), Vision(UV), " +
"Vision(Visible Spectrum), " +
"Manipulator(Magnet), " +
"Manipulator(Claw)"

```

5. 修改练习 4 的解决方案以实现“构建器”模式。`Robot` 没有任何构造器参数，但是具有 `addMobility`、`addVision` 和 `addManipulator` 方法。编写的代码需要满足下列测试：

```

val bot = new Robot
bot.addMobility(
  Mobility("Propeller"))
bot.addMobility(
  Mobility("Legs"))
bot.addVision(
  Vision("UV"))

```

```

bot.addVision(Vision(
  "Visible Spectrum"))
bot.addManipulator(
  Manipulator("Magnet"))
bot.addManipulator(
  Manipulator("Claw"))

bot is "Mobility(Propeller)," +
" Mobility(Legs) | Vision(UV)," +
" Vision(Visible Spectrum) | " +
"Manipulator(Magnet)," +
" Manipulator(Claw)"

```

6. 修改练习 5 的解决方案，将各个“add”方法转换为重载的 + 操作符。为了能够链接起来，你必须从每个操作符都返回 `this`。比较一下本原子的所有解决方案。编写的代码需要满足下列测试：

```

val bot = new Robot +
  Mobility("Propeller") +
  Mobility("Legs") +
  Vision("UV") +
  Vision("Visible Spectrum") +
  Manipulator("Magnet") +
  Manipulator("Claw")

```

```

bot is "Mobility(Propeller)," +
" Mobility(Legs) | Vision(UV)," +
" Vision(Visible Spectrum) | " +
"Manipulator(Magnet)," +
" Manipulator(Claw)"

```

283

l

284



## 使用特征

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

在 Scala 中，你可以将模型划分为恰当的若干部分，而有些语言则强制你进行笨拙的抽象。特征（以及它们的混合）可能是这些工具中最强大的，特征不仅使得语法变得优雅而有意义，并且可以防止代码重复（以及相关的代码肿胀与维护困境）。因此：

- ※ 优先使用特征而不是更具体的类型（更抽象 == 更灵活）。
- ※ 将模型划分成互相独立的部分。
- ※ 延迟具体化。

特征和抽象类的主要差别是特征不能有构造器参数（尽管在特征体内可以包含构造器表达式）。这是有道理的，因为特征更像是一种“能力”，而不是一种看得见摸得着的东西，因此特征用来复用而不是实例化。在下面的例子中，`Aerobic` 特征会计算正在锻炼的人是否已经进入有氧阶段，而 `Activity` 描述了他们在做什么运动：

```

1  // AerobicExercise.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  trait Aerobic {
5    val age:Int
6    def minAerobic = .5 * (220 - age)
7    def isAerobic(heartRate:Int) =
8      heartRate >= minAerobic
9  }
10
11 trait Activity {
12   val action:String
13   def go:String
14 }
15
16 class Person(val age:Int)
17
18 class Exerciser(age:Int,
19   val action:String = "Running",
20   val go:String = "Run!") extends
21   Person(age) with Activity with Aerobic
22

```

```

23 val bob = new Exerciser(44)
24 bob.isAerobic(180) is true
25 bob.isAerobic(80) is false
26 bob.minAerobic is 88.0

```

特征将它们的功能与其他对象进行结合，就像 `Exerciser` 将 `Aerobic` 和 `Activity` 与 `Person` 结合起来。注意 `Person` 中的 `age` 域是如何满足 `Aerobic` 中的抽象域 `age` 的。第 19 ~ 20 行的 `action` 和 `go` 的定义必须是 `val`（它们的名字与 `Activity` 中的域相同），这样才能使它们成为所产生的对象的域，并进而满足 `Activity` 的要求。

## 练习

1. 创建 `trait WIFI`，它会报告状态，并且有一个地址。创建 `Camera` 类，以及另一个使用 `Camera` 类和 `WIFI` 特征的类 `WIFICamera`。编写的代码需要满足下列测试：

```

val webcam = new WIFICamera
webcam.showImage is "Showing video"
webcam.address is "192.168.0.200"
webcam.reportStatus is "working"

```

286

2. 创建 `trait Connections`，它可以告知有多少已连接的用户，并可以将连接数限制为 5。编写的代码需要满足下列测试：

```

val c = new Object with Connections
c.maxConnections is 5
c.connect(true) is true
c.connected is 1
for(i <- 0 to 3)
  c.connect(true) is true
c.connect(true) is false
c.connect(false) is true
c.connected is 4
for(i <- 0 to 3)
  c.connect(false) is true
c.connected is 0
c.connect(false) is false

```

3. 使用练习 2 的 `Connections` 特征创建 `WIFICamera` 类，它会将连接数限制为 5。是否必须创建额外的类或方法？编写的代码需要满足下列测试：

```

c2.maxConnections is 5
c2.connect(true) is true

```

287

```
c2.connected is 1
c2.connect(false) is true
c2.connected is 0
c2.connect(false) is false
```

4. 创建一个新特征 `ArtPeriod`，用来展示文艺时代和相关联的年代。该特征的实现要满足下面的年代划分，忽略其中有违历史准确性的地方。编写的代码需要满足下列测试：

```
// From wikipedia.org/wiki/Art_periods
// Pre-Renaissance: before 1300
// Renaissance: 1300-1599
// Baroque: 1600-1699
// Late Baroque: 1700-1789
// Romanticism: 1790-1880
// Modern: 1881-1970
// Contemporary: after 1971
val art = new ArtPeriod
art.period(1400) is "Renaissance"
art.period(1650) is "Baroque"
art.period(1279) is "Pre-Renaissance"
```

5. 通过添加 `ArtPeriod` 特性来创建类 `Painting`，并向 `Painting` 的构造器传递年份。编写的代码需要满足下列测试：

288

```
val painting =
  new Painting("The Starry Night", 1889)
painting.period is "Modern"
```

# 标记特征和case对象

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

标记特征是一种将类或对象组织到一起的方式。下面给出了可以替代枚举中所示方法的例子，两种技术各有千秋。例如，下面所示技术无法自动迭代所有类型，但是使用枚举可以做到自动迭代（通过在第9行定义 `values`）：

```

1  // TaggingTrait.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  sealed trait Color
5  case object Red extends Color
6  case object Green extends Color
7  case object Blue extends Color
8  object Color {
9    val values = Vector(Red, Green, Blue)
10 }
11
12 def display(c:Color) = c match {
13   case Red => s"It's $c"
14   case Green => s"It's $c"
15   case Blue => s"It's $c"
16 }
17
18 Color.values.map(display) is
19 "Vector(It's Red, It's Green, It's Blue)"

```

标记特征（此处是 `Color`）的标志是，它只是为了在公共名字之下聚集类型而存在，因此通常没有任何域或方法。第4行的 `sealed` 关键字告诉 Scala “除了在此处看到的 `Color` 子类型之外，没有任何其他子类型”（`sealed` 类的所有子类型都必须出现在同一个源文件中）。如果没有覆盖所有情况，那么 Scala 会警告 “`match` may not be exhaustive”，试着注释第 13 ~ 15 行中的某一行，看看会发生什么。

`case` 对象就像 `case` 类一样，只是它产生的是对象而不是类。你获得了模式匹配的好处（见第 13 ~ 15 行），并且在将 `case` 对象转换为 `String` 时获得了友好的输出（见第 19 行）。

注意，传递给 `display` 的参数是标记特征 `Color`。我们可以直接引用

`case` 对象的任何实例 (见第 13 ~ 15 行)。

`values` 域允许对所有的 `Color` 迭代, 你可以在第 18 行看到这种迭代 (因为 `display` 只接受单个参数, 所以可以使用简洁性中介绍的 `map` 参数的缩写形式)。这种方式在下述情况中会出现问题 (使用枚举可以解决): 某人想编辑这个文件并添加 `Color` 的新类型, 却忘记了更新 `values`。

## 练习

1. 在 `TagginTrait.scala` 中添加 “Purple”, 但是不要添加 `match` 表达式, 会发什么?
2. 将 `Color` 实现为名为 `EnumColor` 的 `Enumeration`, 然后与实现为标记特征的程序进行比较。编写的代码需要满足下列测试:

```
EnumColor.Red is "Red"  
EnumColor.Blue is "Blue"  
EnumColor.Green is "Green"
```

3. 向 `EnumColor` 中添加另一个 `Red`, 会发生什么?
4. 向标记特征 `Color` 中添加另一个 `Red`, 会发生什么?

## 类型参数限制

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

让我们再看看枚举。如果想让一个枚举成为某个特征的子类型，应该怎么办呢？如果这是一个普通类，那么只需在继承时将该特征添加到基类型的列表中，但是在面对枚举时，必须通过从 `Val` 继承来创建新的 `Value` 类型。下面的示例展示了带有特征的参数化类型，并且引入了类型限制，这样便可以对类型参数添加限制条件：

```

1 // Resilience.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 trait Resilience
5
6 object Bounciness extends Enumeration {
7   case class _Val() extends Val
8   with Resilience
9   type Bounciness = _Val
10  val level1, level2, level3 = _Val()
11 }
12 import Bounciness._
13
14 object Flexibility extends Enumeration {
15   case class _Val() extends Val
16   with Resilience
17   type Flexibility = _Val
18   val type1, type2, type3 = _Val()
19 }
20 import Flexibility._
21
22 trait Spring[R <: Resilience] {
23   val res: R
24 }
25
26 case class BouncingBall(res: Bounciness)
27   extends Spring[Bounciness]
28
29 BouncingBall(level2) is
30 "BouncingBall(level2)"
31
32 case class FlexingWall(res: Flexibility)
33   extends Spring[Flexibility]
34
35 FlexingWall(type3) is "FlexingWall(type3)"

```

这里, `Resilience` 是标记特征, 并且为了使 `Bounciness` 和 `Flexibility` 枚举实例是 `Resilience` 的子类型, 这两个 `Enumeration` 都创建了一个嵌套的 `Val` 的子类型。注意, 这两个枚举实例和类型别名都必须是新的子类型 `_Val`。

第 22 ~ 24 行所示为带有类型参数 `R` 的特征。现在, 如果直接声明 `trait Spring[R] {}`, 那么 Scala 可以接受它, 但是除了持有 (包含) `R` 之外, 对 `R` 无法再做任何操作。这使容器类型变得非常灵活, 因为它们并不会特别关心其内部持有的是什么。但是, 如果确实想对 `R` 做些操作, 例如调用它的方法, 那么必须以某种方式确定 `R` 是胜任的, 即它确实有这个要调用的方法。因此, 必须使用边界来限制 `R`。

你在告诉 Scala: “我想对 `R` 做些特定的操作, 因此 `R` 必须遵循这些规则。”最基本的规则之一是继承, 就像第 22 行那样用 `<:` 符号表示。上例是在声明“`R` 必须是 `Resilience` 类型或某种继承自 `Resilience` 的类型”。与此等价的表达是“`Resilience` 是 `R` 的上界”。

在上例中, 我们在第 23 行使用 `R` 来声明 `res` 域, 使得 `res` 具有 `R` 类型。但是因为我们知道 `R` 是 `Resilience` 类型的, 所以还可以访问正好是 `Resilience` 的组成部分的任何其他域或调用正好是 `Resilience` 的组成部分的方法。如果没有这项限制, 就无法对能够对 `R` 进行的操作做出任何假设。

上例最终的结果非常简单, 因为我们只是为了演示 `BouncingBall` 和 `FlexingWall` 都扩展自持有它们自己的 `Resilience` 子类型的 `Spring`。它们的 `res` 域是通过 `case` 类的 `res` 参数来满足的, 但是这个域在每个 `case` 中都是不同的子类型。

下面是一个更有趣一点的示例, 它通过类型限制实现了对方法的调用:

```

1 // Constraint.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class WithF {
5     def f(n:Int) = n * 11
6 }
7
8 class CallF[T <: WithF](t:T) {
9     def g(n:Int) = t.f(n)
10 }
11
12 new CallF(new WithF).g(2) is 22
13

```

```

14 new CallF(new WithF {
15   override def f(n:Int) = n * 7
16 }).g(2) is 14

```

在 `CallF` 内可以调用 `f` 的唯一原因是其类型被限制为 `WithF` 或 `WithF` 的子类。在第 12 行，我们传递了一个 `WithF` 的实例，但是在第 14 ~ 16 行，你可以看到一项新的技巧：内联一个不具名的 `WithF` 子类，其方式是在 `new WithF` 后面跟着花括号，中间包含继承类的类体。第 15 行覆盖了 `f` 方法，使其具有新的含义。

类型参数限制远比这里看到的复杂，它是自身的一种代数，我们并不打算在本书中深入探讨它。但是你在代码中会看到这些复杂用法，因此从现在开始慢慢适应它将会大有裨益。

在看到类型推断之后你可能会奇怪：为什么 Scala 不能推断类型限制而非要程序员写明呢？最终，这种推断能力在编程语言中应该变成现实（许多类似的语言可能已经有这样的功能了），但是我们在主流语言中仍旧没有看到它的踪影。因为它是一个相当有难度的问题（但是，类型推断也一度被视为过于困难的挑战）。有些人可能还会主张：我们需要看到明确写出来类型限制，这样有助于理解如何使用这些被限定的类型。也许当类型限制推断成为现实时，我们就会改变这种看法。

## 练习

1. 修改组合中的 `House5.scala`，在其中添加用于表示各种不同类型的食物和餐具的 `Enumeration`。参照 `Resilience.scala` 对 `Clean` 和 `Store` 使用类型限制。
2. 修改 `Constraint.scala`，使得 `CallF` 成为一个方法而不是一个类。
3. 创建三层继承结构 `Base`、`Derived` 和 `Most`。创建三个方法 `f1`、`f2` 和 `f3`，它们都接受单个对象参数，这些参数被限制为前面创建的三层继承结构中不同的类。试着将三种不同的对象传递给三个不同的方法，看看会发生什么。

## 使用特征构建系统

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Day

特征是如此独立且影响微小，因此我们可以将问题按照需要分解为大量的小碎片。下面是对用于制作不同类型冰淇淋的原材料建立的模型。我们使用了 `Enumeration` 子类型技术，以及在前一个原子中介绍的类型限制：

```

1  // SodaFountain.scala
2  package sodafountain
3
4  object Quantity extends Enumeration {
5    type Quantity = Value
6    val None, Small, Regular,
7      Extra, Super = Value
8  }
9  import Quantity._
10
11 object Holder extends Enumeration {
12  type Holder = Value
13  val Bowl, Cup, Cone, WaffleCone = Value
14 }
15 import Holder._
16
17 trait Flavor
18
19 object Syrup extends Enumeration {
20  case class _Val() extends Val
21  with Flavor
22  type Syrup = _Val
23  val Chocolate, HotFudge,
24    Butterscotch, Caramel = _Val()
25 }
26 import Syrup._
27
28 object IceCream extends Enumeration {
29  case class _Val() extends Val
30  with Flavor
31  type IceCream = _Val
32  val Chocolate, Vanilla, Strawberry,
33  Coffee, MochaFudge, RumRaisin,
34  ButterPecan = _Val()
35 }
36 import IceCream._
37

```



```

38 object Sprinkle extends Enumeration {
39   case class _Val() extends Val
40   with Flavor
41   type Sprinkle = _Val
42   val None, Chocolate, Rainbow = _Val()
43 }
44 import Sprinkle.-
45
46 trait Amount {
47   val quant:Quantity
48 }
49
50 trait Taste[F <: Flavor] extends Amount {
51   val flavor:F
52 }
53
54 case class
55 Scoop(quant:Quantity, flavor:IceCream)
56 extends Taste[IceCream]
57
58 trait Topping
59
60 case class
61 Sprinkles(quant:Quantity, flavor:Sprinkle)
62 extends Taste[Sprinkle] with Topping
63
64 case class
65 Sauce(quant:Quantity, flavor:Syrup)
66 extends Taste[Syrup] with Topping
67
68 case class WhippedCream(quant:Quantity)
69 extends Amount with Topping
70
71 case class Nuts(quant:Quantity)
72 extends Amount with Topping
73
74 class Cherry extends Topping

```

第 46 ~ 52 行创建了 `Taste` 这个概念，它具有 `Amount` 特征和一个 `Flavor`。一开始，你可能感到奇怪，为什么我们将 `Amount` 创建为分离的特征，而不直接创建 `Taste` 呢？实际上，这当然是可行的，问题是当你看到 `WhippedCream` 和 `Nuts` 时，就会发现它们都有 `Amount`，但是却无需变换口味（`flavor`）。

注意，`Flavor` 和 `Topping` 都是标记特征。

在分析这段代码时，要始终清楚地认识到我们正试图：

- ※ 创建能够以合理的方式组装起来的一组类型。
- ※ 对它进行配置以使编译器可以捕获任何对类型的误用。
- ※ 消除重复代码

最后还有一点值得进一步思考，在编写代码时，最基本的一条准则是“越短的语句越好”。为缩短语句所做的几乎所有努力同时也会使程序变得更好（更简单、更干净、更符合主动语态等）。编程中另一条同等重要的准则是“消除重复代码”，甚至用缩写词 DRY 来表示这条准则，即 Don't Repeat Yourself（不要自我重复）。想想方法，它们可能是编程中最基本的工具，因为它们捕获了公共代码。

代码重复的最大问题是分叉：最终出现多份执行相同操作的代码。然后，当需要变更功能时（其实你总是想变更功能），就必须记住修改每一处出现它的地方，而这种做法几乎不可避免地会有所遗漏。一旦出现这种情况，就需要花费大量时间追踪 bug，此时肯定无法重起炉灶，只能就地“修复”，因为截止时间总是“迫在眉睫”，或者你就是最初编写这些重复代码的人，而且认为它们并没有什么问题。

代码重复可能是编程时最容易犯的错误。如果你发现自己正在犯这样的错误，那么应该花费时间和精力将其根除。只要时刻注意这个问题，那么随着时间的推移，犯这种错误的情况就会越来越少（并且会变成越来越优秀的程序员）。如果发现其他人在犯这种错误，那么请委婉地指出。如果他们看起来并不关心这个问题，那就试着说服他们。如果他们不知道该如何做，那么就有人需要换工作了（不是你就是他们）。否则，你的生活将陷入挫败的深渊。

使用下面的 shell 命令编译上面的代码：

```
scalac SodaFountain.scala
```

现在我们可以制作一些冰淇淋甜点了：

```

1 // MaltShoppe.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import sodafountain._
4 import Quantity._
5 import Holder._
6 import Syrup._
7 import IceCream._
8 import Sprinkle._
9
10 case class
11 Scoops(holder:Holder, scoops:Scoop*)
12
13 val iceCreamCone = Scoops(
```

```

14   WaffleCone,
15   Scoop(Extra, MochaFudge),
16   Scoop(Extra, ButterPecan),
17   Scoop(Extra, IceCream.Chocolate))
18
19 iceCreamCone is "Scoops(WaffleCone," +
20 "WrappedArray(Scoop(Extra,MochaFudge), " +
21 "Scoop(Extra,ButterPecan), " +
22 "Scoop(Extra,Chocolate)))"
23
24 case class MadeToOrder(
25   holder:Holder,
26   scoops:Seq[Scoop],
27   toppings:Seq[Topping])
28
29 val iceCreamDish = MadeToOrder(
30   Bowl,
31   Seq(
32     Scoop(Regular, Strawberry),
33     Scoop(Regular, ButterPecan)),
34   Seq[Topping]())
35
36 iceCreamDish is "MadeToOrder(Bowl," +
37 "List(Scoop(Regular,Strawberry), " +
38 "Scoop(Regular,ButterPecan)),List())"
39
40 case class Sundae(
41   sauce:Sauce,
42   sprinkles:Sprinkles,
43   whipped:WhippedCream,
44   nuts:Nuts,
45   scoops:Scoop*) {
46   val holder:Holder = Bowl
47 }
48
49 val hotFudgeSundae = Sundae(
50   Sauce(Regular, HotFudge),
51   Sprinkles(Regular, Sprinkle.Chocolate),
52   WhippedCream(Regular), Nuts(Regular),
53   Scoop(Regular, Coffee),
54   Scoop(Regular, RumRaisin))
55
56 hotFudgeSundae is "Sundae(" +
57   "Sauce(Regular,HotFudge)," +
58   "Sprinkles(Regular,Chocolate)," +
59   "WhippedCream(Regular),Nuts(Regular)," +
60   "WrappedArray(Scoop(Regular,Coffee), " +
61   "Scoop(Regular,RumRaisin)))"

```

299

Scoops 是基本的实现，利用它可以创建一个冰淇淋筒或一盘冰淇淋。  
 MadeToOrder 添加了更多的种类，但仍然是泛化的，因为它允许添加任何

`Seq[Topping]`；而 `Sundae` 是非常具体的，因为它描述了圣代到底是什么

在练习中，你会看到有多种方式可以将特征和类组装到一个系统中。最终的设计方案取决于哪种方式对你来说效果最好，你会发现一开始通常无法知道哪个是“最好的”（甚至不知道“哪个足够好”），因此很重要的一点是，让设计方案的结构保持灵活性，以便于尝试新的方式。这种灵活性是优秀设计的深层属性。

300

## 练习

1. 使用特征重写构造器中的 `Coffee.scala`。编写的代码需要满足下列测试：

```
Coffee(Single, Caf, Here, Skim, Choc) is
  "Coffee(Single,Caf,Here,Skim,Choc)"
Coffee(Double, Caf,
  Here, NoMilk, NoFlavor) is
  "Coffee(Double,Caf,Here,NoMilk,NoFlavor)"
Coffee(Double,HalfCaf,ToGo,Skim,Choc) is
  "Coffee(Double,HalfCaf,ToGo,Skim,Choc)"
```

2. 假设拿铁就是加奶的咖啡。创建新类 `Latte`，将 `Milk` 特征简化为移除 `NoMilk`，而 `Coffee` 也不再接受 `Milk` 作为类参数。你会将 `Coffee` 当作特征实现吗？为什么？编写的代码需要满足下列测试：

```
val latte = new Latte(Single, Caf,
  Here, Skim)
latte is "Latte(Single,Caf,Here,Skim)"
val usual = new Coffee(Double, Caf, Here)
usual is "Coffee(Double,Caf,Here)"
```

3. 摩卡是拿铁的一种变化形式，它添加的是巧克力。编写的代码需要满足下列测试：

```
val mocha = new Mocha(Double,Caf,ToGo,Skim)
mocha is "Mocha(Double,Caf,ToGo,Skim,Choc)"
```

4. 导入 `sodafountain`，并用 `Pint`、`Quart` 和 `HalfGallon` 添加一个 `Container`。创建 `TakeHome` 类，它的参数为 `Container` 类型和 `Flavor` 类型。编写的代码需要满足下列测试：

```
TakeHome(Pint, Chocolate) is
  "TakeHome(Pint,Chocolate)"
TakeHome(Quart, Strawberry) is
  "TakeHome(Quart,Strawberry)"
TakeHome(HalfGallon, Vanilla) is
  "TakeHome(HalfGallon,Vanilla)"
```

301

# 序列

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

本书使用 `Vector` 存储事物。`Vector` 是一种集合，顾名思义，你可以在集合中存储事物。更具体地讲，`Vector` 是一种序列，我们还见过另一种基本序列，即 `List`。你可以在不导入任何类的情况下使用它们，就像它们是语言中的固有类型一样。

我们只使用了 `Vector` 最基础的功能，即在 `Vector` 中放置对象和使用 `for` 循环进行遍历，但是，`Vector` 还有很多强大的内建操作。下面的示例展示了一些较简单的操作，对这些操作的解释作为注释嵌在代码中。`Vector` 和 `List` 继承自 `Seq`（序列），因此具有公共的操作，所以 `testSeq` 方法在其上都可以运行。注意，`testSeq` 是针对具体的值序列编写的，而且，Scala 允许在定义 `testSeq` 之前的地方调用它：

```

1  // SeqOperations.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  testSeq(Vector(1, 7, 22, 11, 17))
5  testSeq(List(1, 7, 22, 11, 17))
6
7  def testSeq(s: Seq[Int]) = {
8      // Is there anything inside?
9      s.isEmpty is false
10     // How many elements inside?
11     s.length is 5
12
13     // Appending to the end:
14     s :+ 99 is Seq(1, 7, 22, 11, 17, 99)
15     // Inserting at the beginning:
16     47 +: s is Seq(47, 1, 7, 22, 11, 17)
17
18     // Get the first element:
19     s.head is 1
20     // Get the rest after the first:
21     s.tail is Seq(7, 22, 11, 17)
22     // Get the last element:
23     s.last is 17
24     // Get all elements after the 3rd:
25     s.drop(3) is Seq(11, 17)

```

```

26  // Get all elements except last 3:
27  s.dropRight(3) is Seq(1, 7)
28  // Get first 3 elements:
29  s.take(3) is Seq(1, 7, 22)
30  // Get final 3 elements:
31  s.takeRight(3) is Seq(22, 11, 17)
32  // Section from indices 2 up to 5:
33  s.slice(2,5) is Seq(22, 11, 17)
34
35  // Get value at location 3:
36  s(3) is 11
37  // See if it contains a value:
38  s.contains(22) is true
39  s.indexOf(22) is 2
40  // Replace value at location 3:
41  s.updated(3, 16) is
42    Seq(1, 7, 22, 16, 17)
43  // Remove location 3:
44  s.patch(3, Nil, 1) is
45    Seq(1, 7, 22, 17)
46
47  // Append two sequences:
48  val seq2 = s ++ Seq(99, 88)
49  seq2 is Seq(1, 7, 22, 11, 17, 99, 88)
50  // Find the unique values and sort them:
51  s.distinct.sorted is
52    Seq(1, 7, 11, 17, 22)
53  // Reverse the order:
54  s.reverse is
55    Seq(17, 11, 22, 7, 1)
56  // Find the common elements:
57  s.intersect(seq2) is Seq(1,7,22,11,17)
58  // Smallest and largest values:
59  s.min is 1
60  s.max is 22
61  // Does it begin or end
62  // with these sequences?
63  s.startsWith(Seq(1,7)) is true
64  s.endsWith(Seq(11,17)) is true
65  // Total all the values:
66  s.sum is 58
67  // Multiply together all the values:
68  s.product is 28798
69  // "Set" forces unique values:
70  s.toSet is Set(1, 17, 22, 7, 11)
71  }

```

在 `testSeq` 内部，若需要一个序列与 `Vector` 或 `List` 共同工作，我们就创建 `Seq` 对象，而 Scala 接受这种做法。这就是多态的另一种形式

`List` 和 `Vector` 差异细微，而且容易混淆。`List` 和 `Vector` 的所有操作都是共同的，但是某些操作在 `List` 中更高效，而另一些则在 `Vector` 中更高效。总的来说，应该只选择 `Vector`，当你发现需要对程序调优以提高速度时，可以利用特殊的工具（分析器）来发现程序的瓶颈在哪里（答案：永远在意料之外）。

## 练习

1. 创建一个表示地址簿中 `Person` 的 `case` 类，其中包含名字和 email 地址。编写的代码需要满足下列测试：

```
val p = Person("John", "Smith",
  "john@smith.com")
p.fullName is "John Smith"
p.first is "John"
p.email is "john@smith.com"
```

2. 创建三个 `Person` 对象，将它们放到一个名为 `people` 的 `Vector` 中。编写的代码需要满足下列测试：

```
people.size is 3
```

3. 对 `Person` 对象的 `Vector` 按照名字排序，产生一个排好序的 `Vector`。提示：使用 `sortBy (_fieldname)`，其中 `fieldname` 是需要排序的域。编写的代码需要满足下列测试：

```
val people = Vector(
  Person("Zach", "Smith", "zach@smith.com"),
  Person("Mary", "Add", "mary@add.com"),
  Person("Sally", "Taylor",
    "sally@taylor.com"))
val sorted = // call sort here
sorted is "Vector(" +
  + "Person(Mary,Add,mary@add.com)," +
  + "Person(Zach,Smith,zach@smith.com)," +
  + "Person(Sally,Taylor,sally@taylor.com))"
```

4. 将 email 地址搬到 `Contact` 特征中，并且将其混合以创建新类 `Friend`。将 `Friend` 对象添加到一个 `Vector` 中，然后对 email 地址排序。编写的代码需要满足下列测试（这可能需要对代码进行重构）：

```
val friends = Vector(
  new Friend(
    "Zach", "Smith", "zach@smith.com"),
```

```

new Friend(
  "Mary", "Add", "mary@add.com"),
new Friend(
  "Sally", "Taylor", "sally@taylor.com"))
val sorted = // call sort here
sorted is "Vector(Mary Add, " +
"Sally Taylor, Zach Smith)"

```

5. 如果想对主要域排序（如名字），并且在顺序相等时利用次要域（如姓氏）排序，那么应该怎么做呢？提示：`sortBy` 是“稳定排序”，因此先利用次要域解决顺序相等时的排序问题，然后再按照主要域排序，就可以实现目标。编写的代码需要满足下列测试：

```

val friends2 = Vector(
  new Friend(
    "Zach", "Smith", "zach@smith.com"),
  new Friend(
    "Mary", "Add", "mary@add.com"),
  new Friend(
    "Sally", "Taylor", "sally@taylor.com"),
  new Friend(
    "Mary", "Smith", "mary@smith.com"))
val s1 = // call first sort here
val s2 = // sort s1 here
s2 is "Vector(Mary Add, Mary Smith, " +
"Zach Smith, Sally Taylor)"

```

6. 按照与前一个示例不同的方式排序，使用姓氏作为主要域排序，而用名字作为次要域排序。编写的代码需要满足下列测试：

```

val friends3 = Vector(
  new Friend(
    "Zach", "Smith", "zach@smith.com"),
  new Friend(
    "Mary", "Add", "mary@add.com"),
  new Friend(
    "Sally", "Taylor", "sally@taylor.com"),
  new Friend(
    "Mary", "Smith", "mary@smith.com"))
val s3 = // call first sort here
val s4 = // sort s1 here
s4 is "Vector(Mary Add, Mary Smith, " +
"Sally Taylor, Zach Smith)"

```

## 列表和递归

在前一个原子中, `testSeq` 在 `Vector` 上执行的每个操作都可以在 `List` 上执行。在几乎所有情况下, 都应该选择 `Vector` 作为序列容器, 因为它会以最高效的方式执行大多数操作。有时, Scala 会选择 `List`。例如, 在下面的例子中, 如果想得到一个 `Seq`, 那么我们得到的就是一个 `List`:

```
scala> Seq(1,3,5,7)
res0: Seq[Int] = List(1, 3, 5, 7)
```

`List` 针对称为递归的特殊类型的操作进行了优化。在递归中, 对序列的第一个元素执行操作, 然后在操作内部调用同一个方法, 并将序列中剩余的部分(即剔除第一个元素后的序列)传递给该方法(这就是递归调用, 简称递归)。消耗完所有元素后, 递归终止。下面是一个非常简单的示例:

```
1 // RecursivePrint.scala
2 def rPrint(s:Seq[Char]):Unit = {
3   print(s.head)
4   if(s.tail.nonEmpty)
5     rPrint(s.tail) // Recursive call
6 }
7
8 rPrint("Recursion")
```

对 `head` 的调用会返回第一个元素, 而 `tail` 会产生剔除第一个元素后的剩余序列。在每一次递归时, 传递给 `rPrint` 的序列变得越来越小, 直至什么都不剩时 `nonEmpty` 变为 `false`, 此时递归终止。在第 8 行传递给 `rPrint` 的字符串自动变为一个 `Seq`。注意第 2 行中显式的返回类型, 它正是 Scala 对递归方法要求返回的类型。

递归经常用于序列的计算。例如, 对序列求和时, 可以在递归过程中逐块地创建总和, 这样便可不使用变量(`var`)。下面的递归方法将接受一个待求和的列表以及一个用于存放总和的整数:

```
1 // RecursiveSum.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
```

```

3
4  def sumIt(toSum>List[Int], sum:Int=0):Int =
5      if(toSum.isEmpty)
6          sum
7      else
8          sumIt(toSum.tail, sum + toSum.head)
9
10 sumIt(List(10, 20, 30, 40, 50)) is 150

```

第 10 行对 `sumIt` 的顶层调用使用了 `sum` 的缺省值 0。如果列表不为空，那么第 8 行会将 `sum` 与 `toSum` 的 `head` 相加，然后再次调用该方法，并将 `tail` 作为新的待求和列表传递给它。该方法递归执行，直至到达列表的末尾（列表变为空），然后返回 `sum`。下面将详细解释第 10 行调用的幕后发生的事情。

`sumIt` 被调用，传递的参数是 `List(10, 20, 30, 40, 50)`，`sum` 为 0。该列表不为空，因此我们用 `sum` 加上 `head(10)`，计算得到  $0+10=10$ 。然后，`sumIt` 再次被调用，传递的参数是 `List(20, 30, 40, 50)`，`sum` 为 10。该列表仍不为空，因此我们用 `sum` 加上 `head(20)`，计算得到  $10+20=30$ 。

然后，`sumIt` 再次被调用，传递的参数是 `List(30, 40, 50)`，`sum` 为 30。该列表仍不为空，因此我们用 `sum` 加上 `head(30)`，计算得到  $30+30=60$ 。然后，`sumIt` 再次被调用，传递的参数是 `List(40, 50)`，`sum` 为 60。该列表仍不为空，因此我们用 `sum` 加上 `head(40)`，计算得到  $60+40=100$ 。然后，`sumIt` 再次被调用，传递的参数是 `List(50)`，`sum` 为 100。该列表仍不为空，因此我们用 `sum` 加上 `head(50)`，计算得到  $100+50=150$ 。

`sumIt` 之后再次被调用，传递的参数是一个空列表。因为该列表为空，所以我们返回 150。

在编写 `List` 上的递归程序之前，要先考虑是否已经有现成的可用方法。Scala 的集合中有一个内建的 `sum`，因此无需编写 `sumIt`，可以直接声明：

```

1 // CollectionSums.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 List(10, 20, 30, 40, 50).sum is 150
5 Vector(10, 20, 30, 40, 50).sum is 150
6 Seq(10, 20, 30, 40, 50).sum is 150
7 Set(10, 20, 30, 40, 50, 50, 50).sum is 150
8 (10 to 50 by 10).sum is 150

```

递归可能有点复杂，并且仅在部分情况下有用。在那些适用的情况下，

List 中具有一个头和一个尾，所以非常适合递归。

## 练习

1. 编写一个递归的 `max` 方法，它可以找到 List 中的最大值，不要使用 List 的 `max` 方法。编写的代码需要满足下列测试：

```
val aList = List(10, 20, 45, 15, 30)
max(aList) is 45
```

2. 在 `RecursiveSum.scala` 中添加 `println` 语句，用来跟踪在递归过程中发生了什么。

3. 在 `map` 和 `reduce` 中，你实现了一个 `sumIt` 方法，它使用 `reduce` 实现求和。当时使用的是可变元参数列表，现在用 List 再次实现它，并将其与练习 1 的解决方案做比较。编写的代码需要满足下列测试：

```
sumIt(List(1, 2, 3)) is 6
sumIt(List(45, 45, 45, 60)) is 195
```

4. 在衔接 Java 中，我们使用数学库中的方法 `Frequency` 计算动物 List 中“cat”出现的频率。使用递归方法实现同样的功能。编写的代码需要满足下列测试：

```
calcFreq(animalList, "cat") is 4
calcFreq(animalList, "dog") is 1
```

309

310

## 将序列与zip相结合

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a La

接受两个序列并将其配对使用这种做法经常很有用，这称为“链接”，因为它和夹克衫上拉链的行为类似：

```

1  // Zipper.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  val left = Vector("a", "b", "c", "d")
5  val right = Vector("q", "r", "s", "t")
6
7  left.zip(right) is
8  "Vector((a,q), (b,r), (c,s), (d,t))"
9
10 left.zip(0 to 4) is
11 "Vector((a,0), (b,1), (c,2), (d,3))"
12
13 left.zipWithIndex is
14 "Vector((a,0), (b,1), (c,2), (d,3))"
```

在第 7 行，我们将 `left` 与 `right` 结合到一起，所产生的结果是一个由元组构成的 `Vector`，这些元组是通过将 `left` 的每个元素与 `right` 中的每个元素配对而产生的。

第 10 行将 `left` 与 `Range 0 ~ 4` 结合到一起，它也产生了一个序列。如果只想在序列中的每个元素之上添加一个索引，那么可以使用专用于此目的的方法 `zipWithIndex`，如第 13 行所示。

下面的方法放置数字时将其作为元组的第一个元素而不是第二个元素（聪明的函数式程序员从 `zipWithIndex` 的输出中就可以发现实现这种操作的方式）：

```

311
1  // IndexWithZip.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  def number(s:String) =
5    Range(0, s.length).zip(s)
6
7  number("Howdy") is
```

```

8  Vector((0,'H'), (1,'o'), (2,'w'),
9        (3,'d'), (4,'y'))

```

注意，与字符串链接时会自动地将 `String` 断开为一个个的字母。

我们用一个将 `zip` 和 `map` 结合起来的示例来完成本原子的讨论，作为对函数式编程的初体验：

```

1  // ZipMap.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  case class Person(name:String, ID:Int)
5  val names = Vector("Bob", "Jill", "Jim")
6  val IDs = Vector(1731, 9274, 8378)
7
8  names.zip(IDs).map {
9    case (n, id) => Person(n, id)
10 } is "Vector(Person(Bob,1731), " +
11 "Person(Jill,9274), Person(Jim,8378))"

```

第 8 行使用 `zip` 产生 name-id 元组序列，它会被传递给 `map`。`map` 方法可以应用函数，也可以应用 `match` 子句（但是此处不需要声明 `match`），就像在本例中所看到的那样。`case` 语句会抽取出每个元组，并将其中的两个值传递给 `Person` 的构造器。最终所产生的结果是一个由初始化后的对象构成的 `Vector`。

注意第 8 ~ 10 行的表达式的简洁性。随着对函数式编程风格的逐渐习惯，你将会编写出与此类似的简洁的表达式，并且因为你知道诸如 `zip` 和 `map` 这样的内建方法是正确的，所以会对自己构建的组合表达式的正确性更加自信。

312

## 练习

1. 编写代码让人们结对，以共同完成编程讨论会上的练习。代码需接受一个参会者列表，并将它分成两个列表，然后用 `zip` 配对。编写的代码需要满足下列测试：

```

val people = Vector("Sally Smith",
  "Dan Jones", "Tom Brown", "Betsy Blanc",
  "Stormy Morgan", "Hal Goodsen")
val group1 = // fill this in
val group2 = // fill this in
val pairs = // fill this in
pairs is Vector(
  ("Sally Smith", "Betsy Blanc"),
  ("Dan Jones", "Stormy Morgan"),
  ("Tom Brown", "Hal Goodsen"))

```

2. 当初始列表有奇数个元素时，分成的两个列表元素不均匀，此时会发生什么？试试看。
3. 重复练习 1，使用 `List` 而不是 `Vector` 来实现。是否必须做出其他的修改？
4. 采用与 `ZipMap.scala` 类似的方式，修改 `IndexWithZip.scala` 为使用 `zipWithIndex` 的结果。

# 集

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

**Set** (集) 可以确保对于每个值都只包含一个元素, 因此会自动移除重复元素。**Set** 的最常见用法是使用 `()` 操作符测试某个值是否是其元素:

```

1 // Sets.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 val set =
5   Set(1, 1, 2, 3, 9, 9, 4, 22, 11, 7, 6)
6 // No duplicates:
7 set is Set(1, 6, 9, 2, 22, 7, 3, 11, 4)
8
9 // Set membership:
10 set(9) is true
11 set(99) is false
12
13 // Is this set contained within another?
14 Set(1, 6, 9, 2).subsetOf(set) is true
15
16 // Two different versions of set union:
17 set.union(Set(2, 3, 4, 99)) is
18   Set(1, 6, 9, 2, 22, 7, 3, 11, 99, 4)
19 set | Set(2, 3, 4, 99) is
20   Set(1, 6, 9, 2, 22, 7, 3, 11, 99, 4)
21
22 // Set intersection:
23 set & Set(0,1,11,22,87) is Set(1,22,11)
24 set intersect Set(0,1,11,22,87) is
25   Set(1,22,11)
26
27 // Set difference:
28 set &~ Set(0, 1, 11, 22, 87) is
29   Set(6, 9, 2, 7, 3, 4)
30 set -- Set(0, 1, 11, 22, 87) is
31   Set(6, 9, 2, 7, 3, 4)

```

314

**Vector** 和 **List** 的许多操作也出现在 **Set** 中, 这里我们只介绍了 **Set** 仅有的操作。

由第 7 行可见在 **Set** 中放置的重复项会自动被移除。第 10 ~ 11 行使用 `()` 操作符来测试元素是否是集的成员。还可以执行常见的维恩图 (可用来表

示多个集合之间的逻辑关系) 操作, 例如求子集、并集、交集和集的差等。注意, 可以使用操作符 (例如 `&`) 或者与其等价的描述性名字 (例如 `intersect`)。

如果有某种序列, 并且想移除其中的重复元素, 那么可以使用 `toSet` 将其转换为 `Set`:

```

1  // RemoveDuplicates.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  val ch = for(i <- 0 to 2) yield 'a' to 'd'
5  ch is "Vector(NumericRange(a, b, c, d), " +
6      "NumericRange(a, b, c, d), " +
7      "NumericRange(a, b, c, d))"
8
9  ch.flatten is "Vector(a, b, c, d, " +
10   "a, b, c, d, a, b, c, d)"
11
12 ch.flatten.toSet is "Set(a, b, c, d)"

```

第 4 行的推导会产生三份 'a' 到 'd' 的副本。但是注意第 5 ~ 7 行, 它们说明一个 `Vector` 实际上保存了三个容器, 而不只是将这些字母直接放到 `Vector` 中。产生存放容器的容器, 而不是产生直接存放所需事物的容器, 这种情况经常发生, 以至于方法 `flatten` (针对所有序列) 专门用来将容器的容器中所有的事物展开为单个层次的序列。你可以在第 9 ~ 10 行看到其效果, 所产生的结果包含重复项。现在, 如果我们应用 `toSet` 方法, 那么所产生的结果就是不包含重复项的 `Set`。

## 练习

1. 创建表示水果、蔬菜和肉的集。创建一个杂货店列表, 并计算其中每种货品所占的百分比, 对于没有匹配上述几个种类的货品, 都归入“其他”类。编写的代码需要满足下列测试:

```

val fruits = Set("apple", "orange",
  "banana", "kiwi")
val vegetables = Set("beans", "peas",
  "carrots", "sweet potatoes",
  "asparagus", "spinach")
val meats = Set("beef", "chicken")
val groceryCart = Set("apple",
  "pretzels", "bread", "orange", "beef",
  "beans", "asparagus", "sweet potatoes",
  "spinach", "carrots")
percentMeat(groceryCart) is 10.0

```

```
percentFruit(groceryCart) is 20.0
percentVeggies(groceryCart) is 50.0
percentOther(groceryCart) is 20.0
```

2. 在练习 1 的解决方案的基础上添加表示蛋白质的集，它包含了表示肉的集，以及表示植物性蛋白质的新集 编写的代码需要满足下列测试：

```
val vegetarian = Set("kidney beans",
  "black beans", "tofu")
val groceryCart2 = Set("apple",
  "pretzels", "bread", "orange", "beef",
  "beans", "asparagus", "sweet potatoes",
  "kidney beans", "black beans")
percentMeat(groceryCart2) is 10.0
percentVegetarian(groceryCart2) is 20.0
percentProtein(groceryCart2) is 30.0
```

316

3. 编写能够产生容器的容器的容器的代码，使用 `flatten` 将这个容器降解为单层序列。提示：可以分若干步来实现这个目的。编写的代码需要满足下列测试：

```
val box1 = Set("shoes", "clothes")
val box2 = Set("toys", "dishes")
val box3 = Set("toys", "games", "books")
val attic = Set(box1, box2)
val basement = Set(box3)
val house = Set(attic, basement)
Set("shoes", "clothes", "toys",
  "dishes") is attic.flatten
Set("toys", "games", "books") is
  basement.flatten
Set("shoes", "clothes", "toys",
  "dishes", "games", "books") is
  /* fill this in -- call flatten */
```

317

## 映射表

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

历史给我们留下了一些容易混淆的术语。在 map 和 Reduce 中介绍的 map 操作与 Map (映射表) 类是完全不同的，后者将键与值关联了起来。当给定一个键时，Map 会查找出对应的值。你可以通过给定一个键 - 值对的集来创建 Map，其中每个键与其关联的值是通过第 4 ~ 5 行所示的箭头实现彼此分离的：

```

1  // Maps.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  val constants = Map("Pi" -> 3.141,
5      "e" -> 2.718, "phi" -> 1.618)
6
7  Map(("Pi", 3.141), ("e", 2.718),
8      ("phi", 1.618)) is constants
9
10 Vector(("Pi", 3.141), ("e", 2.718),
11      ("phi", 1.618)).toMap is constants
12
13 // Look up a value from a key:
14 constants("e") is 2.718
15
16 constants.keys is "Set(Pi, e, phi)"
17
18 constants.values is
19 "MapLike(3.141, 2.718, 1.618)"
20
21 // Iterate through key-value pairs:
22 (for(pair <- constants)
23   yield pair.toString) is
24 "List((Pi,3.141), (e,2.718), (phi,1.618))"
25
26 // Unpack during iteration:
27 (for((k,v) <- constants)
28   yield k + ": " + v) is
29 "List(Pi: 3.141, e: 2.718, phi: 1.618)"

```

第 7 ~ 8 行说明 Map 还可以用逗号分离的元组列表来初始化。第 10 ~ 11 行通过创建元组的 Vector，然后将其转换为 Map，实现了只需一步即完成 Map 的创建和初始化。

针对 `Map`, `( )` 操作符可以用来查找 (见第 14 行)。通过 `keys` 方法可以获得所有键, 而通过 `values` 方法可以获得所有值。`Map` 的 `keys` 方法会产生一个 `Set`, 因为在 `Map` 中的所有键都是唯一的 (否则, 在查找时就会产生二义性)。`MapLike` 是另一个序列, 因此可以进行迭代, 例如使用 `for` 循环。

迭代 `Map` 会以元组的方式产生键 – 值对, 就像第 22 行那样。因为它们是元组, 所以可以如第 27 行所示在迭代时展开。

可以在 `Map` 中将类对象存储为值。在下面的示例中, 我们使用浅尝反射中定义的 `Name` 特征创建了一些宠物:

```

1 // PetMap.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import com.atomicscala.Name
4
5 trait Pet extends Name
6 class Bird extends Pet
7 class Duck extends Bird
8 class Cat extends Pet
9 class Dog extends Pet
10
11 val petMap = Map("Dick" -> new Bird,
12   "Carl" -> new Duck, "Joe" -> new Cat,
13   "Tor" -> new Dog)
14
15 petMap.keys is
16 Set("Dick", "Carl", "Joe", "Tor")
17 petMap.values.toVector is
18 "Vector(Bird, Duck, Cat, Dog)"

```

319

还可以在 `Map` 中使用类对象作为键, 但是比较麻烦, 并且超出了本书的范围。

`Map` 看起来就像是简单的小型数据库。尽管它们与功能完备的数据库相比还显得非常受限, 但是仍然非常有用 (并且比数据库高效得多)。

## 练习

1. 修改 `Maps.scala`, 使其数据为键, 字符串为值。
2. `Map` 使用具有唯一性的键来存储信息, 而 `email` 地址也可以用作唯一性的键。创建包含 `firstName` 和 `lastName` 的 `Name` 类, 并创建一个 `Map`, 它将 `emailAddress` (字符串) 和 `Name` 关联起来。编写的代码需要满足下列测试:

```
val m = Map("sally@taylor.com"
  -> Name("Sally", "Taylor"))
m("sally@taylor.com") is
  Name("Sally", "Taylor")
```

3. 在前一个练习的解决方案的基础上，将 Jiminy Cricket 添加到现有的映射表中，其 email 地址为 `jiminy@cricket.com`。编写的代码需要满足下列测试：

320

```
m2("jiminy@cricket.com") is
  Name("Jiminy", "Cricket")
m2("sally@taylor.com") is
  Name("Sally", "Taylor")
```

4. `Map` 的键必须是不同的值。用语言 English、French、Spanish、German 和 Chinese 作为键创建一个 `Map`。当你想要加入 Turkish 时，会发生什么？

5. 在前一个练习的解决方案的基础上，试着在 `Map` 中添加一种已经存在的语言（例如 French）。编写测试以展示所发生的事情。

6. 从练习 4 的 `Map` 中移除 Spanish，从练习 3 的 `Map` 中移除 `jiminy@cricket.com`，编写测试证实移除成功。

7. `case` 类可以用作 `Map` 的键。创建一个表示 `Person(name: String)` 的类，并创建一个从 `Person` 到 `String` 的映射。移除 `case` 关键字，看看会得到什么样的错误消息。订正错误，并满足下列测试：

321

```
m(Person("Janice")) is "CFO"
```

## 引用和可修改性

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

我们曾经说过, `var` 可以被修改但是 `val` 不行。实际上, 这种说法过于简单。考虑下面的例子:

```

1 // ChangingAVal.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class X(var n:Int)
5 val x = new X(11)
6 x.n is 11
7 x.n = 22
8 x.n is 22
9 // x = new X(22) // Not allowed

```

尽管 `x` 是 `val`, 但是它的对象可以被修改, `val` 只是在阻止将其重新赋值为新的对象。类似地:

```

1 // AnUnchangingVar.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class Y(val n:Int)
5 var y = new Y(11)
6 y.n is 11
7 // y.n = 22 // Not allowed
8 y = new Y(22)

```

尽管 `y` 是 `var`, 但是它的对象不能被修改。不过, `y` 可以重新被赋值为新的对象。

在讨论 `x` 和 `y` 这样的标识符时, 我们将其当作对象处理。但是, 它们实际上只是引用了对象, 因此, `x` 和 `y` 称为引用。要想了解其含义, 可以观察两个标识符引用同一个对象的情况:

322

```

1 // References.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class Z(var n:Int)
5 var z1 = new Z(13)

```

```

6  var z2 = z1
7  z2.n is 13
8  z1.n = 97
9  z2.n is 97

```

当 `z1` 修改所引用的对象时, `z2` 会看见这种修改。试着打印 `z1` 和 `z2`, 你就会看到它们将产生相同的地址。

因此, `var` 和 `val` 控制的是引用而不是对象。`var` 允许将引用与不同的对象进行重绑定, 而 `val` 会阻止这种做法。

## 可修改性

可修改性表示一个对象可以改变状态。在上面的示例中, `class X` 和 `class Z` 创建的是可修改的对象, 而 `class Y` 创建的是不可修改的对象。

Scala 标准库中的许多类在缺省情况下都是不可修改的, 但是它们也有可修改的版本。当你要求使用普通的 `Map` 时, 它就是不可修改的:

323

```

1  // ImmutableMaps.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  val m = Map(5->"five", 6->"six")
5  m(5) is "five"
6  // m(5) = "Five" // Fails
7  m + (4->"four") // Doesn't change m
8  m is Map(5 -> "five", 6 -> "six")
9  val m2 = m + (4->"four")
10 m2 is
11 Map(5 -> "five", 6 -> "six", 4 -> "four")

```

第 4 行创建了将 `Int` 和 `String` 关联起来的 `Map`。如果我们试着像第 6 行那样替换一个字符串, 那么就会看到:

```

value update is not a member of
scala.collection.immutable.Map[Int, String]

```

不可修改的 `Map` 不能包含 `=` 操作符。

第 7 ~ 8 行说明 `+` 只是创建了一个包含旧元素和新元素的新 `Map`, 但是不影响原有的 `Map`, 因为不可修改对象是“只读”的。添加元素的唯一方式是像第 9 行那样创建一个新 `Map`。

Scala 的集合在缺省情况下是不可修改的, 这意味着如果不显式声明想要的是可修改的集合, 那么就不会得到它。下面的示例展示了如何创建一个可修

改的 Map:

```

1 // MutableMaps.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import collection.mutable.Map
4
5 val m = Map(5 -> "five", 6 -> "six")
6 m(5) is "five"
7 m(5) = "5ive"
8 m(5) is "5ive"
9 m += 4 -> "four"
10 m is
11 Map(5 -> "5ive", 4 -> "four", 6 -> "six")
12 // Can't reassign val m:
13 // m = m + (3->"three")

```

注意, 一旦导入 Map 的可修改版本, 那么缺省的 Map 就变成了可修改的, 我们在第 5 行未进行限定而直接定义的 Map 就属于这种情况。第 7 行修改了该 Map 的元素, 而第 9 行向 Map 中添加了一个键 – 值对。

324

## 练习

1. 创建一个对不可修改的 Map 对象的 var 引用, 并说明含义 (证明不能修改它的内容, 也不能追加内容, 但可以重新绑定该引用)。现在, 创建一个对可修改的 Map 对象的 val 引用, 并说明含义。
2. 展示可修改和不可修改的 Set 的差异。
3. 展示可修改和不可修改的 List 的差异。
4. Vector 没有对应的可变化版本。当 Vector 的内容需要修改时, 应该怎么做?
5. 我们没有将方法的参数声明为 var 或 val。通过下面的方式来发现其中的原因: 创建一个简单的类, 然后让一个方法接受该类的对象作为参数, 在该方法内部, 尝试将该参数与新的对象重新绑定, 然后观察得到的错误消息。
6. 创建包含一个 var 域的类。编写一个方法, 它接受该类的对象作为参数。在该方法内部修改 var 域, 看看方法是否有副作用。
7. 创建一个既有可修改域又有不可修改域的类。所产生的类是可修改的还是不可修改的?

325

## 使用元组的模式匹配

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

考虑一下表示颜料颜色的 `Enumeration`:

```

1  // PaintColors.scala
2  package paintcolors
3
4  object Color extends Enumeration {
5    type Color = Value
6    val red, blue, yellow, purple,
7      green, orange, brown = Value
8  }

```

我们想创建一个 `blend` 方法，它可以展示将两种颜色混合起来时产生的颜色。为了方便起见，可以在元组上进行模式匹配：

```

1  // ColorBlend.scala
2  import paintcolors.Color
3  import paintcolors.Color.-
4
5  package object colorblend {
6
7    def blend(a:Color, b:Color) =
8      (a, b) match {
9        case _ if a == b => a
10        case (`red`, `blue`) |
11          (`blue`, `red`) => purple
12        case (`red`, `yellow`) |
13          (`yellow`, `red`) => orange
14        case (`blue`, `yellow`) |
15          (`yellow`, `blue`) => green
16        case (`brown`, _) |
17          (_, `brown`) => brown
18        case _ => // Interesting, not accurate:
19          Color((a.id + b.id) % Color.maxId)
20      }
21
22  }

```

为了将 `blend` 放到包的内部，我们引入了一种便捷方式，即第 5 行的 `package object`，它不仅创建了 `colorblend` 对象，而且同时使它成为一

个包。

在第 8 行中元组是模式匹配的，这与其他类型匹配是一样的。第 9 行的第一个 `case` 声明“如果颜色相同，那么输出也相同”。

第 10 ~ 15 行展示了每个 `case` 也可以是元组，而且这些 `case` 可以是用单个 | 以“或”逻辑连接起来的元组，其中 | 是“或”的短路写法。“短路”意味着对于“或”表达式链，如果第一个表达式为真，就会停止对剩余表达式的计算（因为在“或”逻辑中，只要有一个表达式为 `true`，那么整个表达式就为 `true`）。| 是 `case` 语句中唯一允许使用的“或”逻辑。

这里还有一些地方显得很奇怪。在“火箭”符号的左边（不是右边），我们在所有的颜色名字上都添加了右单引号（有时也称为“反钩”）。这是 `case` 语句的一种特性：如果在“火箭”符号的左侧看到了非大写的名字，就会创建一个局部变量，用来计算该模式匹配。我们有意识地未大写 `Color` 的值，以引出这个话题。如果用右单引号将名字括起来，那么就是在告诉 Scala 将该名字当作符号处理。

第 16 ~ 17 行声明“如果要混合的颜色包括 `brown`，那么结果就总是 `brown`，无论另一种颜色是什么”。它使用通配符 \_ 来表示另一种颜色。

到目前为止，这个方法只是对要产生的颜色的一种近似（颜料的比例也会对结果产生很大的影响）。第 18 ~ 19 行尝试对所有其他可能的混合情况产生一个有趣但并不准确的结果，其方法是将两种颜色的序号（`id`）加起来，以最大的 `id` 值为模做取余操作，从而强制计算结果在可用的 `id` 值范围之内，而该结果将被用作 `Color` 的索引，从而产生新的值。

327

下面是对 `blend` 的一些测试：

```

1 // ColorBlendTest.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import paintcolors.Color._
4 import colorblend.blend
5
6 blend(red, yellow) is orange
7 blend(red, red) is red
8 blend(yellow, blue) is green
9 blend(purple, orange) is blue
10 blend(purple, brown) is brown

```

尽管大部分测试都会产生合理的输出，但是第 9 行明显是通过 `blend` 的最后一个 `case` 产生的。

从输入的元组中产生一个输出的操作通常称为查表，可以将输入元组中的每个元素都看作表的一个维度。通过使用 `Map`，我们可以以另一种方式来解决这个问题，即提前生成这张表，而不是每次都要计算结果。有时这是更有用的方式。

下面的示例中，我们用 `colorblendblend` 组装了一个 `Map`：

```

1  // ColorBlendMap.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3  import paintcolors.Color
4  import paintcolors.Color._
5
6  val blender = (
7      for {
8          a <- Color.values.toSeq
9          b <- Color.values.toSeq
10         c = colorblendblend(a, b)
11     } yield ((a, b), c)
12 ).toMap
13
14 blender.foreach(println)
15
16 def blend(a:Color,b:Color) = blender((a,b))
17
18 blend(red, yellow) is orange
19 blend(red, red) is red
20 blend(yellow, blue) is green
21 blend(purple, orange) is blue
22 blend(purple, brown) is brown

```

为了初始化 `blender`，我们首先创建了一个由包含两个元素的元组构成的序列：第一个元素是包含两个输入颜色的元组，第二个元素是所产生的混合后的颜色。`Map` 可以通过 `toMap` 方法由元组序列而创建。

第 8 行对每个 `Color` 值进行迭代，对于每个值，第 9 行会再次迭代所有 `Color` 值，从而生成两个输入的所有可能的混合情况，然后通过使用 `colorblendblend` 将它们混合起来。第 14 行显示了 `Map` 中的每个键-值对，以验证其内容；而第 16 行通过创建一个元组并将其传递给组装好的 `Map`，产生了新版本的 `blend`。之后，我们执行了与前面相同的测试。

## 练习

1. 移除 `ColorBlend.scala` 中的某个标号上的右单引号，看看会产生什么错误消息。

2. 移除 ColorBlend.scala 中的缺省 case。编写的代码需要满足下列测试：

```
blend(red, yellow) is orange
blend(red, red) is red
blend(yellow, blue) is green
```

3. 在 PaintColors.scala 中添加另一种颜色 (magenta)，并验证本原子中其余的示例仍可正确工作。编写的代码需要满足下列测试：

```
blend2(red, yellow) is orange
blend2(red, red) is red
blend2(yellow, blue) is green
blend2(yellow, magenta) is purple
blend2(red, magenta) is purple
```

4. 在前一个练习的解决方案的基础上，在 PaintColors.scala 中添加 white。在匹配表达式中，只要某种颜色与 white 混合，就返回这种颜色。编写的代码需要满足下列测试：

```
blend3(red, yellow) is orange
blend3(red, red) is red
blend3(yellow, blue) is green
blend3(yellow, magenta) is purple
blend3(red, magenta) is purple
blend3(purple, white) is purple
blend3(white, red) is red
```

## 用异常进行错误处理

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

改进错误报告机制是提高代码可靠性的最强有力的方式之一。错误报告机制在 Scala 中特别重要，因为 Scala 的主要目标之一就是创建可供其他人使用的程序构件。为了创建健壮的系统，每个构件都必须是健壮的。有了致的错误报告机制，构件就可以与客户代码就所产生的问题进行可靠的交流了。

捕获错误的理想时机是在 Scala 运行程序之前对程序进行分析的时候。但是，并非所有错误都可以被这种方式探测到。剩下的问题就必须在运行时通过在方法中产生错误信息来处理了。

接下来的几个原子将探索“出现错误时该怎么办”。事实证明，处理错误没有明确的唯一解决方案，实际上，错误处理这个话题在不断地演化。我们以异常入手，来看看 Scala 中多种错误处理的方法以及它们的恰当用法。

“异常”这个词是指“我接收到了异常”。异常情况会阻止当前的方法或作用域的继续执行。在问题发生的地方，你可能并不知道应该如何处理，但是你知道确实不能继续执行了，必须停下来。在当前的上下文中，你没有足够的信息来修复这个问题，因此你将其提交给外部的上下文，在那里会有人有能力做出恰当的决策。

331

将异常情况与普通问题区分开是非常重要的，对于后者，在当前上下文中就有足够的信息可供设法处理这些困难。但出现异常情况时就不能继续处理了，你所能做的只是跳出当前上下文，并将问题交给更高层的上下文。这就是抛出异常时所发生的事情。

异常是从错误发生地点“抛出”的对象，该对象可以被匹配其错误类型的恰当的异常处理器“捕获”。

除法是一个简单的示例。如果有可能执行除零操作，那么就应该检查这种情况。但是被除数为 0 意味着什么呢？在某个特定方法中，对于正在试图解决的问题所属的上下文，也许你知道应该怎样处理除数 0。但是，如果它并不是意料中的值，那么就无法沿着该执行路径继续了。一种解决方案是抛出异常，大体上，就是转移到并强制某个其他部分的代码来处理这个问题。

下面是一个基本示例，展示了异常的配置和用法：

```

1 // DivZero.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 class Problem(val msg:String)
5   extends Exception
6
7 def f(i:Int) =
8   if(i == 0)
9     throw new Problem("Divide by zero")
10 else
11   24/i
12
13 def test(n:Int) =
14   try {
15     f(n)
16   } catch {
17     case err:Problem =>
18       s"Failed: ${err.msg}"
19   }
20
21 test(4) is 6
22 test(5) is 4 // Integer truncation
23 test(6) is 4
24 test(0) is "Failed: Divide by zero"
25 test(24) is 1
26 test(25) is 0 // Also truncation

```

Scala 从 Java 继承了许多不同的异常类型，但是几乎没有定义自己的异常类型。你可以通过继承 `Exception` 类来定义定制的异常（见第 4 ~ 5 行）。

`f` 方法不知道对为 0 的参数应该如何处理，因此在第 9 行通过创建新的 `Problem` 异常对象并用 `throw` 关键字抛出异常。抛出异常时，当前的执行路径（即无法继续执行的路径）停止，并且异常对象会从当前上下文中抛出。此时，异常处理机制接手，并开始查找恰当的位置以继续执行程序。程序执行在异常处理器中结束。

`test` 方法展示了如何设置异常处理器。我们以 `try` 关键字开头，后面跟着一个代码块，其中包含可能抛出异常的表达式。注意，`try` 块是一个表达式，如果成功执行，就会从 `test` 返回其结果。

`try` 语句块的后面跟着异常处理器：`catch` 关键字以及一个 `case` 语句序列。这些 `case` 语句用来匹配所有该处理器准备处理的不同类型的异常（这里只匹配了 `Problem` 异常）。如果某个异常没有在这一层得到处理，那么会继续向更高层抛出，以搜索匹配的处理器。如果在某处找到了匹配的处理器，那么

332

333

搜索过程就在此处停止。如果找不到匹配的处理器，那么程序中止，并打印出冗长繁琐的栈轨迹，详细说明异常是从哪里产生的。在 REPL 中输入下面的指令就可以看到栈轨迹：

```
scala> throw new Exception
scala> throw new Exception("Disaster!")
```

异常最重要的方面之一就是如果发生了不良事件，它使得我们（如果无需做其他事情）可以强制程序停止，并得知出了什么错，或者（理想情况下）强制程序员处理程序并让程序返回稳定状态。

方法经常会产生不止一种类型的异常，即它会因多种原因而失败。为了复用，下面的代码封装在一个 `package` 中：

```
1  // Errors.scala
2  package errors
3
4  case class Except1(why:String)
5    extends Exception(why)
6  case class Except2(n:Int)
7    extends Exception(n.toString)
8  case class Except3(msg:String, d:Double)
9    extends Exception(s"$msg $d")
10
11 object toss {
12   def apply(which:Int) =
13     which match {
14       case 1 => throw Except1("Reason")
15       case 2 => throw Except2(11)
16       case 3 =>
17         throw Except3("Wanted:", 1.618)
18       case _ => "OK"
19     }
20 }
```

每个 `Exception` 的子类型都向基类 `Exception` 的构造器中传递了一个字符串，它会成为 `Exception` 的 `getMessage` 方法返回的消息。

在编译 Scala 代码时不能有独立于任何类的方法，但是在用脚本编写代码时是允许的。因此，我们将 `toss` 创建为具有 `apply` 方法的对象，使其在使用时看起来就像一个方法（也可以导入具名的方法）：

```
1  // MultipleExceptions.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3  import errors._
```

```

4
5  def test(which:Int) =
6    try {
7      toss(which)
8    } catch {
9      case Except1(why) => s"Except1 $why"
10     case Except2(n) => s"Except2 $n"
11     case Except3(msg, d) =>
12       s"Except3 $msg $d"
13   }
14
15 test(0) is "OK"
16 test(1) is "Except1 Reason"
17 test(2) is "Except2 11"
18 test(3) is "Except3 Wanted: 1.618"

```

每次调用 `toss` 时都必须捕获它抛出的异常，前提是这些异常与 `toss` 的返回结果相关（如果不相关，你可以让它们“冒泡”到上层以被捕获）。

335

异常对与 Java 库的交互至关重要，因为 Java 针对任何事物都使用了异常，无论是异常情况还是普通错误。因此，许多异常处理代码是在使用 Java 库而不是处理真正的异常情况时编写出来的。在下一个原子中，你将会看到捕获从 Java 库中所抛出异常的例子。

尽管 Scala 包含对异常处理的语言支持，但是在后续原子中，你还是会看到 Scala 往往强调其他形式的错误处理。不过在你确实不知道该做些什么的情况下，Scala 为你保留异常这种形式。实际上，理解这一点很重要，存在两种错误情况，即预料到的错误和异常错误，对这两种情况需要采用不同的方式应对。如果将每种错误情况都当作异常进行处理，那么代码就会变得非常繁杂和混乱。

## 练习

1. 创建一个方法，它会在其 `try` 块中抛出 `Exception` 类的对象，并向异常类的构造器传递一个 `String` 参数。在 `catch` 子句中捕获该异常，并测试该 `String` 参数。
2. 创建一个类，它有一个简单的方法 `f`。创建该类的一个 `var`，并将其初始化为特殊的预定义值 `null`，表示“空”。试着使用这个 `var` 来调用 `f`。现在，将这个调用包装到 `try-catch` 子句中以捕获异常。
3. 创建一个包含若干元素的 `Vector`。试着通过索引访问该 `Vector` 范围之外的元素，然后编写代码来捕获这种错误。

4. 继承你自己的 `Exception` 子类。为该类编写一个构造器，它接受一个 `String` 参数，并将其存储在基类 `Exception` 对象内。编写方法来显示所存储的 `String`。创建 `try-catch` 子句来测试你的新异常类。
5. 创建三个 `Exception` 的子类型，并编写一个方法抛出所有这三种类型的异常。在另一个方法中，调用第一个方法，但是只是用单个 `catch` 子句，它可以捕获所有这三种类型的异常。
6. 创建一个具有两个方法 `f` 和 `g` 的类。在 `g` 中，抛出你定义的一种新类型的异常。在 `f` 中调用 `g` 捕获抛出的异常，并且在 `catch` 子句中抛出另一种不同类型的异常（你定义的第二种类型的异常）。测试你的代码。
7. 证明导出类的构造器不能捕获从它的基类的构造器中抛出的异常。
8. 创建一个名为 `FailingConstructor` 的类，它的构造器可能会在构造过程中失败并抛出异常。在另一个方法中，编写代码以恰当的方式对这种失败采取警戒措施。
9. 创建一个异常的三层继承结构。现在创建具有方法 `f` 的基类 `A`，`f` 会在继承结构的根上抛出异常。从 `A` 继承 `B` 并覆盖 `f`，使得它可以在继承结构的第二层上抛出异常。重复地从 `B` 继承 `C`，创建 `C` 并将其赋给一个 `A`（称为“向上转型”），然后调用 `f`。
10. 异常处理机制还包括另一个关键字，即 `finally`。无论在 `try` 或 `catch` 子句中发生了什么，`finally` 子句都会执行。`finally` 子句可以直接跟在 `try` 子句后面（没有任何 `catch`），或者放置在 `catch` 子句的后面。证明 `finally` 子句总是会执行。

## 构造器和异常

ATOMIC SCALA: L

构造器很特殊，因为它们在创建对象。`new` 表达式除了返回新创建的对象外，不能返回其他任何信息。因此如果构造失败，我们不能只是返回一个错误。但返回只构造了部分的对象也是无用的做法，因为客户端程序员会很轻易地认为这个对象是没问题的。

解决这个问题有两个基本方法：

1. 编写一个简单到不会失败的构造器。尽管看起来很理想，但是这种方式经常不太方便，或者不可能实现。
2. 在失败时抛出异常。因为无法产生返回值，并且不想得到创建得不好的对象，所以这看起来就是唯一的选择了。

伴随对象给了我们第三种选择：因为 `apply` 通常被写成一个用来生成新对象的工厂，并且它是方法而不是构造器，所以可以从 `apply` 返回错误信息。

下面这个类会打开一个源文件并将其转换为像 `Vector` 一样的容器，使得我们可以索引到任何一行或迭代所有代码，还可以执行 Scala 容器提供的其他操作。`apply` 会捕获异常，并将它们转换为错误信息，这些错误信息也会存储在容器中。因此，`apply` 总是会返回能够以统一方式处理的 `Vector[String]`：

338

```

1 // CodeListing.scala
2 package codelisting
3 import java.io.FileNotFoundException
4
5 class ExtensionException(name:String)
6   extends Exception(
7     s"$name doesn't end with '.scala'")
8
9 class CodeListing(val fileName:String)
10 extends collection.IndexedSeq[String] {
11   if(!fileName.endsWith(".scala"))
12     throw new ExtensionException(fileName)
13   val vec = io.Source.fromFile(fileName)
14     .getLines.toVector
15   def apply(idx:Int) = vec(idx)

```

```

16  def length = vec.length
17 }
18
19 object CodeListing {
20   def apply(name:String) =
21     try {
22       new CodeListing(name)
23     } catch {
24       case _:FileNotFoundException =>
25         Vector(s"File Not Found: $name")
26       case _:NullPointerException =>
27         Vector("Error: Null file name")
28       case e:ExtensionException =>
29         Vector(e.getMessage)
30     }
31 }

```

第 6 ~ 7 行传递给 `Exception` 的 `String` 参数会变为用于新异常类型的消息。

为了创建像容器一样的类以将每一行都存储为一个 `String`，我们继承了 `collection.IndexedSeq[String]`，其内部已经构建了所有必要的机制。为了真正持有这些行，我们还使用了由 Scala 的 `io.Source.fromFile` 方法生成的普通的 `Vector`，它会打开和读取文件，然后通过其 `getLines` 方法将其转换为行的序列，最后，`toVector` 将该序列转换为一个 `Vector`。

从 `IndexedSeq` 继承时，必须定义 `apply` 和 `length`（否则就会得到错误消息，告诉你必须这么做）。但是，产生新容器类型所必须完成的任务仅此而已（相较于其他许多语言，这已经相当简单直接了）。

有一个名字只在第 13 行这一个位置使用了，因此我们对它进行了完全限定而未使用 `import`。

虽然 `io.Source.fromFile` 是 Scala 标准库的一部分，但是它使用了 Java 中的元素，该元素会抛出 `FileNotFoundException` 和 `NullPointerException` 这两个异常。另外，在构造器内部，我们进行了检查以确保文件名是以 `.scala` 结尾的，并且在文件不是以 `.scala` 结尾时抛出自己的异常。工厂（`apply`）会缓存并转换所有异常。注意，第 24 行和第 26 行没有将异常捕获到某个标识符中，它们只关心异常的类型；而第 28 行使用了标识符 `e`，因此可以调用它的 `getMessage` 方法。

因为在后续原子中还会再次回顾这个示例，所以我们创建了可复用的测试。传递给 `CodeListingTester` 的参数可以是任何接受 `String`（文件的名字）并产生 `IndexedSeq[String]` 的函数或方法。我们使用 `IndexedSeq[String]`

而不是指定 `CodeListing` 的原因是它可以使测试更加灵活。每个测试都会使用 `makeList` 来创建待测试的对象：

```

1 // CodeListingTester.scala
2 package codelistingtester
3 import com.atomicscala.AtomicTest._
4
5 class CodeListingTester(
6   makeList:String => IndexedSeq[String]) {
7
8   makeList("CodeListingTester.scala")(4) is
9     "class CodeListingTester("
10
11  makeList("NotAFile.scala")(0) is
12    "File Not Found: NotAFile.scala"
13
14  makeList("NotAScalaFile.txt")(0) is
15    "NotAScalaFile.txt " +
16    "doesn't end with '.scala'"
17
18  makeList(null)(0) is
19    "Error: Null file name"
20
21 }

```

创建 `CodeListing` 对象所得到的结果看起来就像一个 `Vector`，我们可以对其进行索引（记住索引是从 0 开始的）。例如，第 8 行选择了元素 4。

第 18 行的 `null` 是表示“空”的关键字。

所产生的测试代码是最小化的：

```

1 // CodeListingTest.scala
2 import codelistingtester._
3 import codelisting._
4 new CodeListingTester(CodeListing.apply)

```

从一个测试转换为下一个测试时，唯一必须修改的就是第 3 行的 `import` 和 `makeList` 参数，就像在后续原子中创建不同版本的 `CodeListing` 时你将看到的那样。

## 练习

1. 在 `CodeListingTester.scala` 的基础上，编写使用 `CodeListing.scala` 的脚本来打开源代码文件，并打印文件中的所有行。
2. 在前一个练习的基础上添加行号。
3. 将你的新脚本用于不存在的文件，是否需要做出额外的修改？

340

341

342

## 用 Either 进行错误报告

ATOMIC SCALA: Learn Prog

如果将每个错误都当作异常处理会使代码变得过于凌乱，那么有什么替代方案吗？历史上，编程语言的设计者和用户都会试着为特定的方法返回一个超出边界的值，或者设置一个全局标志，用来表示发生了错误。（全局是指在程序中任何地方任何代码都能看到，并且通常可以修改。它是编程史上无数问题的根源所在。）尽管有数不清的解决方式，但是没有一种方式效果特别好，如果不是十分谨慎，那么存储在全局标志中的信息和返回值很快就会因为忽视而消失在视野中。最终的结果就是人们对于这些方式的使用无法达成一致。更糟的是，客户端程序员通常会忽略这些错误情况，并自欺欺人地认为每个返回值都是正确的。实际上，这种做法会滋生有问题的代码。

Scala 引入了不相交并集来从方法中返回结果。不相交并集将两个完全不同（因此“不相交”）的类型结合在一起：一种类型表示成功并携带返回值，另一种类型表示失败并持有失败信息。在调用某个方法时，你会获得这些并集之一，将其展开就知道发生了什么。这种方式的好处之一是，你必须总是显式地查看调用是成功了还是失败了，不存在断定方法调用“就是正常工作”的捷径。

最初的实验使用称为 `Either` 的并集，它将 `Left` 和 `Right` 类型组合在一起。`Either` 是独立于错误处理而创建的，并且和错误处理没有任何特殊关系，因此，创建它的实验者随意地做出决定：`Left` 表示错误（很明显，这种决定源于多个世纪以来对左派的偏见），`Right` 携带成功的返回信息。

343

下面是一个使用 `Either` 处理除数 0 的基本示例。注意，使用 `Left` 和 `Right` 不需要任何导入语句，并且返回类型（即 `Either[String, Int]`）是由 Scala 推断的：

```

1  // DivZeroEither.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  def f(i:Int) =
5    if(i == 0)
6      Left("Divide by zero")

```

```

7   else
8     Right(24/i)
9
10 def test(n:Int) =
11   f(n) match {
12     case Left(why) => s"Failed: $why"
13     case Right(result) => result
14   }
15
16 test(4) is 6
17 test(5) is 4
18 test(6) is 4
19 test(0) is "Failed: Divide by zero"
20 test(24) is 1
21 test(25) is 0

```

`Left` 只是一种携带信息的方式，其信息可以是异常类型，也可以是其他任何信息。方法接口的说明文档必须向客户端程序员解释清楚针对该方法的结果可以做些什么，而客户端程序员在调用方法时也必须编写恰当的代码。

这样产生的语法很优雅，你可以在第 11 行看到调用后面跟着一个 `match` 表达式，该表达式既处理了失败的情况，又处理了成功的情况。因此可以声称“这就是我在努力做的事情，并且这就是我对结果的处理方式”。

下面是使用 `Either` 的新版本的 `toss` 方法：



344

```

1 // MultiEitherErrors.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import errors._
4
5 def tossEither(which:Int) = which match {
6   case 1 => Left(Except1("Reason"))
7   case 2 => Left(Except2(11))
8   case 3 => Left(Except3("Wanted:", 1.618))
9   case _ => Right("OK")
10 }
11
12 def test(n:Int) = tossEither(n) match {
13   case Left(err) => err match {
14     case Except1(why) => s"Except1 $why"
15     case Except2(n) => s"Except2 $n"
16     case Except3(msg, d) =>
17       s"Except3 $msg $d"
18   }
19   case Right(x) => x
20 }
21
22 test(0) is "OK"
23 test(1) is "Except1 Reason"

```

```

24 test(2) is "Except2 11"
25 test(3) is "Except3 Wanted: 1.618"

```

这里，我们再次将异常放到 `Left` 对象中，你可以在 `Left` 中放置任何信息作为错误报告。`Either` 不提供任何有关 `Left` 和 `Right` 的含义的准则，因此客户端程序员必须为每一个不同的方法指明含义

下面是在（来自前一个原子的）`CodeListing.scala` 中使用 `Either` 的工厂：

```

1  // CodeListingEither.scala
2  package codelistingeither
3  import codelisting._
4  import java.io.FileNotFoundException
5
6  object CodeListingEither {
7    def apply(name:String) =
8      try {
9        Right(new CodeListing(name))
10      } catch {
11        case _:FileNotFoundException =>
12          Left(s"File Not Found: $name")
13        case _:NullPointerException =>
14          Left("Error: Null file name")
15        case e:ExtensionException =>
16          Left(e.getMessage)
17      }
18  }

```

注意，`apply` 只是将异常翻译成 `Left` 结果，或将成功完成翻译成 `Right` 结果。使用这个类就是要展开 `Either`：

```

1  // ShowListingEither.scala
2  import codelistingtester._
3  import codelistingeither._
4
5  def listing(name:String) = {
6    CodeListingEither(name) match {
7      case Right(lines) => lines
8      case Left(error) => Vector(error)
9    }
10  }
11
12 new CodeListingTester(listing)

```

最后，让我们来看看使用 `Either` 集合的一项有趣的技巧：可以直接 `map` 到一个 `match` 子句，而不需要声明 `match`（将序列与 `zip` 相结合的末尾有另一

个这种用法的示例):

```

1 // EitherMap.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 val evens = Range(0,10) map {
5   case x if x % 2 == 0 => Right(x)
6   case x => Left(x)
7 }
8
9 evens is Vector(Right(0), Left(1),
10  Right(2), Left(3), Right(4), Left(5),
11  Right(6), Left(7), Right(8), Left(9))
12
13 evens map {
14   case Right(x) => s"Even: $x"
15   case Left(x) => s"Odd: $x"
16 } is "Vector(Even: 0, Odd: 1, Even: 2, " +
17 "Odd: 3, Even: 4, Odd: 5, Even: 6, " +
18 "Odd: 7, Even: 8, Odd: 9)"

```

第 4 行和第 13 行展示了最复杂的部分，可以看到 `map` 出现在 `match` 通常应该出现的位置。这是一种便捷写法：该 `map` 会将 `match` 表达式应用于每个元素。

第 4 ~ 7 行以 `Range` 开头，`match` 表达式为所有偶数值产生 `Right`，为所有奇数值产生 `Left`，在第 9 ~ 11 行可以看到所产生的 `Vector`。然后，我们在第 13 ~ 16 行再次使用了便捷语法，通过 `case` 语句将所有 `Left` 和 `Right` 分开。

你很快就会体验到使用 `Right` 和 `Left` 表示“成功”和“失败”的不便之处。为什么要将没有针对性的通用工具应用于如此重要的方法呢？为什么不创建一个专门用于错误报告的不相交并集，并称它们的类型为 `Success` 和 `Failure` 呢？`Right` 和 `Left` 曾经只是一个实验，但是它取得了成功，并且我们现在（也可能未来一直）可以在 Scala 库获得该实验的成果制品。较新版本的 Scala 对解决错误问题投入的精力倍增，因此我们可以期待它有所改进。

347

## 练习

1. 在 `DivZeroEither.scala` 中添加显式的返回类型信息。
2. 将总结 2 中的 `TicTacToe.scala` 修改为使用 `Either`。
3. 使用 `EitherMap.scala` 中所展示的技巧，将‘a’到‘z’划分为元音和辅音两部分。打印出划分之后的结果。编写的代码需要满足下列测试：

```
letters is "Vector(Left(a), Right(b)," +
"Right(c), Right(d), Left(e), Right(f)," +
"Right(g), Right(h), Left(i), Right(j)," +
"Right(k), Right(l), Right(m), Right(n)," +
"Left(o), Right(p), Right(q), Right(r)," +
"Right(s), Right(t), Left(u), Right(v)," +
"Right(w), Right(x), Right(y), Right(z))"
```

4. 在前一个练习的解决方案的基础上编写一个 `testLetters` 方法，将映射分为 `Left` 和 `Right`，就像在 `EitherMap.scala` 中看到的那样。编写的代码需要满足下列测试：

```
testLetters(0) is "Vowel: a"
testLetters(4) is "Vowel: e"
testLetters(13) is "Consonant: n"
```

## 用Option对“非任何值”进行处理

考虑一下这样的方法：它有时会产生“没有任何意义”的结果。当这种情况发生时，该方法本身没有产生错误，也没有任何地方有问题，只是“没有答案”而已。在编写代码时，肯定希望从这种方法返回的每个值都是合法的，并且如果返回值碰巧表示“没有任何信息”，那么也只是默默忽略它。这就是设计 **Option** 类型的意图所在。

下面是一个名为 **banded** 的方法，它只对 0 ~ 1 的值感兴趣，它可以接受其他值，但不会返回任何有用的信息。我们可以使用 **Left** 和 **Right** 来报告结果：

```

1 // Banded.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def banded(input:Double) =
5   if(input > 1.0 || input < 0.0)
6     Left("Nothing")
7   else
8     Right(math.round(input * 100.0))
9
10 banded(0.555) is Right(56)
11 banded(-0.1) is Left("Nothing")
12 banded(1.1) is Left("Nothing")

```

“不返回感兴趣的值”值得成为一个不使用 **Either** 的特殊系统。**Option** 就是为这种情况而创建的另一个不相交并集。它就像 **Either** 的特例一样，其中 **Left** 是预定义的称为 **None** 的值，而 **Right** 被 **Some** 所代替：

```

1 // BandedOption.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def banded2(input:Double) =
5   if(input > 1.0 || input < 0.0)
6     None
7   else
8     Some(math.round(input * 100.0))
9
10 banded2(0.555) is Some(56)

```

```

11 banded2(-0.1) is None
12 banded2(1.1) is None
13
14 for(x <- banded2(0.1))
15   x is 10
16
17 val result = for {
18   d <- Vector(-0.1, 0.1, 0.3, 0.9, 1.2)
19   n <- banded2(d)
20 } yield n
21 result is Vector(10, 30, 90)

```

注意, `banded2` 的返回类型 `Option[Long]` (`math.round` 的返回值是 `Long`) 将被忽略, 如果返回 `Some` 和 `None`, 那么 Scala 会推断出 `Option`

第 14 行的 `for` 看起来像是迭代容器中的值。但是, 你知道 `banded2` 只会返回单个值, 这个值碰巧“包含”在一个 `Option` 中。左箭头“迭代”操作会展开 `Option` 中的值, `x` 是包含在该 `Option` 内部的内容。下面的例子更详细地展示了推导和 `Option` 之间的交互:

```

350
1 // ComprehensionOption.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def cutoff(in:Int, thresh:Int, add:Int) =
5   if(in < thresh)
6     None
7   else
8     Some(in + add)
9
10 def a(in:Int) = cutoff(in, 7, 1)
11 def b(in:Int) = cutoff(in, 8, 2)
12 def c(in:Int) = cutoff(in, 9, 3)
13
14 def f(in:Int) =
15   for {
16     u <- Some(in)
17     v <- a(u)
18     w <- b(v)
19     x <- c(w)
20     y = x + 10
21   } yield y * 2 + 1
22
23 f(7) is Some(47)
24 f(6) is None
25
26 val result =
27   for {
28     i <- 1 to 10
29     j <- f(i)

```

```

30 } yield j
31
32 result is Vector(47, 49, 51, 53)

```

cutoff 方法有一个阈值 thresh。如果 in 在该阈值之下，那么结果是 None，否则计算结果会返回 Some 内。方法 a、b 和 c 是从 cutoff 中创建的，在 f 内用来展示推导如何自动地抽取 Option 中的内容并跳过 None 上的操作。

推导的第一行确定了其剩余行的类型以及 yield 类型。在 f 中，我们想用 Option 来操作，但是输入参数只是一个普通的 Int，因此我们将其包装到 Some 中以建立推导的类型。第 16 ~ 19 行每行都会自动抽取 Option 的内容，并将抽取的结果包装到 Option 中。yield 的结果也是 Option。如果推导中的任何中间结果是 None，那么最终结果也是 None，但不必检查每一个中间结果。这实际上正是 Option 的关键所在：不必在每次执行某个操作时都测试 None，这样产生的代码很干净，比测试所有结果的代码更容易阅读，也更安全。

注意第 21 行，可以产生一个表达式，而不仅仅是单个的值。

第 26 ~ 30 行对 result 的计算令人印象特别深刻，因为产生 None 的任何计算都自动从 result 中移除，就像第 32 行所示。

Option 所具有的像容器一样的行为不仅限于推导，它还提供了在大多数容器中都可以看到的基本操作集，包括 foreach 和 map。在对 None 进行操作时它们都可以正确执行。因此，在 Option 上执行操作时不必检查是 Some 还是 None，只需抽取其中的值，然后将结果放置到一个 Option 中，foreach 和 map 会为你完成剩下的工作！

```

1 // OptionOperations.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 def p(s:Option[String])= s.foreach(println)
5
6 p(Some("Hi")) // Prints "Hi"
7 p(Option("Hi")) // Prints "Hi"
8 p(None) // Doesn't do anything!
9
10 def f(s:Option[String]) = s.map(_ * 2)
11
12 f(Some("Hi")) is Some("HiHi")
13 f(None) is None
14
15 Option(null) is None

```

第 4 行使用 `foreach` 来实现一项副作用操作（`foreach` 并不会产生结果）。第 6 行传递了一个 `Some`，并且会产生输出。还可以像第 7 行那样给 `Option` 传递一个值，这也会产生一个 `Some`。如果传递的是 `None`，那么它不会做任何事，甚至不会打印一个空行，因为此时压根不会执行 `foreach` 的参数。

在第 10 ~ 13 行可以看到 `map` 的类似行为，只是 `map` 操作会产生一个结果，并将其包装到 `Option` 中。注意，`map` 会在操作其参数之前先抽取 `Some` 中的值。

第 15 行使用了 `null` 关键字，这是从 Java 继承而来的瑕疵。在 Java 中，`null` 就像 Scala 的 `None`，只是必须不断地检查 `null`，而它往往隐藏起来，并在你最不想看到它的时候突然蹦出来。为了方便起见，当 `Option` 看到 `null` 时，会将其转换为 `None`，因此，在使用会产生 `null` 的 Java 库时，只需将所有调用包装在 `Option` 中。

尽管 `Left` 和 `Right` 没有任何特殊意义，但是 `Some` 和 `None` 是有倾向性的，操作时可以利用这种倾向性。下面是进一步展示 `foreach` 和 `map` 忽略 `None` 值的示例。我们将各个操作链接起来，但是每件事仍可正确无误地运行：

```

1  // OptionChaining.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  def f(n:Int, div:Int) =
5      if(n < div || div == 0)
6          None
7      else
8          Some(n/div)
9
10 f(0,0) is None
11 f(0,0).foreach(println) // Nothing printed
12 f(11,5) is Some(2)
13 f(11,5).foreach(println) // 2
14
15 def g(n:Int, div:Int) = f(n,div).map(_ + 2)
16
17 g(5,11) is None
18 g(11,5) is Some(4)

```

`f` 方法返回一个 `Option`，而它又在第 11 行和 `foreach` 链接了起来。`None` 会被忽略，它压根不会做任何事情。第 13 行从 `f` 产生一个 `Some`，因此 `foreach` 会抽取并打印其中的结果。第 15 行所示为将 `map` 应用于 `f` 产生的 `Option`。`None` 会直接穿过而不会试图执行 `map` 计算。

就像推导一样，`map` 和 `foreach` 不关心数量，它们只是不断地执行直至

遍历序列中的所有元素。如果元素数量碰巧是 1，即在 `Option` 中只存储了一个值，那么它仍然可以工作。

让我们再看看前一个原子中的 `EitherMap.scala`。首先，你会看到 `Option` 还有一个 `filter` 方法，我们用它来创建 `evens`：

```

1  // OptionMap.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  val evens = Range(0,10).
5      map(Option(_).filter(_ % 2 == 0))
6
7  evens is Vector(Some(0), None, Some(2),
8      None, Some(4), None, Some(6),
9      None, Some(8), None)
10
11 evens map {
12     case Some(x) => s"Even: $x"
13     case None => "Odd"
14 } is "Vector(Even: 0, Odd, Even: 2, " +
15     "Odd, Even: 4, Odd, Even: 6, " +
16     "Odd, Even: 8, Odd)"

```

354

第 5 行接受了 `Range` 中的每个元素，并将其转换为 `Option`。`Option` 的 `filter` 方法接受一个返回 `Boolean` 结果的函数或方法（我们使用了简洁性中的便捷技巧）。如果该结果为 `true`，那么这个值就会被存储为 `Some`，否则为 `None`。可以在第 7 ~ 9 行看到所产生的 `Vector`。`map-match` 便捷技巧的运行方式与 `EitherMap.scala` 中的运行方式相同。

`Option` 的一个特别有用的应用是向现有参数列表中添加新参数，同时不破坏针对旧参数列表编写的代码。假设你创建了一个 `Art` 类，它包含 `title` 和 `artist`。你发布了这个类，并且客户端程序员已经开始使用了。然后，你还想增加一项艺术的 `style`。在许多语言中，最佳方式就是使用重载机制并重复部分代码，但是正如我们已指出的，代码重复是通向不可维护代码的不归路。有了 `Option`，你可以直接将参数添加到现有类或方法中：

```

1  // AddNewArguments.scala
2
3  case class Art(title:String, artist:String,
4      style:Option[String] = None)
5
6  val oldCall = Art("Guernica", "Picasso")
7  val newCall = Art("Soup Cans", "Warhol",
8      Option("Pop"))

```

所有添加到 Art 中用于操作 `style` 的新代码必须将其当作一个 `Option` 来处理，这可以防止你不经意间假定它总是有效的。这使得安全地扩展代码变得更容易，并且有助于消除代码重复。这种支持代码演化的工具促进了增量式系统开发方式的应用，当你在学习与系统有关的新事物时，可以更容易地修改系统以契合你的新想法。

`Option` 这个名字可能有点拙劣，你马上想到的或许是到底有什么“选择”。实际上你没有任何选择，它们要么是某种事物，要么……什么都不是。所以起名字至关重要。

## 练习

1. 使用 `Option` 而不是 `Either` 重写用 `Either` 进行错误报告中的 `DivZeroEither.scala`。编写的代码需要满足下列测试：

```
f(4) is Some(6)
f(5) is Some(4)
f(6) is Some(4)
f(0) is None
f(24) is Some(1)
f(25) is Some(0)
```

2. 在前一个练习的基础上添加显式的返回类型。
3. 修改总结 2 中的 `TicTacToe.scala`，在其中使用 `Option`。
4. 创建一个方法，它可以确保其参数是数组或字母，如果是其他任何字符，那么就返回 `None`。编写的代码需要满足下列测试：

```
alphanumeric(0) is Some(0)
alphanumeric('a') is Some('a')
alphanumeric('m') is Some('m')
alphanumeric('$') is None
alphanumeric('Z') is Some('Z')
```

# 用 Try 来转换异常

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

为了进一步降低对异常进行管理的代码量, Try 会捕获所有异常, 并且产生一个作为结果的对象。如果声明:

`Try(expression that can throw exceptions)`

那么在不抛出任何异常时, 你会得到一个包含结果的 Success 对象; 在有异常时, 你会得到一个包含错误信息的 Failure 对象。由此, Try 会将异常转换为对象, 因此无需 catch 子句, 也无需担心异常会意外地从当前上下文中逃脱。

Success 和 Failure 是 Try 的子类, 而 Try 是在 Scala 2.10 中出现的, 因此在早期版本中无法工作。

当我们在除以 0 的示例中使用 Try 时, 第 5 行的方法会变得很简单:

```

1 // DivZeroTry.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import util.{Try, Success, Failure}
4
5 def f(i:Int) = Try(24/i)
6
7 f(24) is Success(1)
8 f(0) is "Failure(" +
9 "java.lang.ArithmaticException: " +
10 "/ by zero)"
11
12 def test(n:Int) =
13   f(n) match {
14     case Success(r) => r
15     case Failure(e) =>
16       s"Failed: ${e.getMessage}"
17   }
18
19 test(4) is 6
20 test(0) is "Failed: / by zero"

```

357

在第 7 行可以看到, 成功的调用不会再返回原生的 Int, 而是返回包装了该结果的 Success 对象 (这与 Option 返回 Some 和 Either 按惯例返回

`Right` 的方式是相同的) 异常会在第 8 行被捕获, 并且包装在 `Failure` 对象中。

“拆装”结果的最基本方式是使用模式匹配, 就像在 `test` 方法中看到的那样。因为 `Success` 和 `Failure` 都是 `case` 类, 所以 `match` 表达式会剖析它们, 如第 14 ~ 16 行所示, 其中 `r` 和 `e` 是自动抽取的。

`Failure` 和 `Success` 与 `Either` 的 `Left` 和 `Right` 相比, 是更具描述性和更易于记忆的错误报告对象。

有一个有趣的题外话: `Double` (而不是 `Int`) 被 0 除不会产生异常, 而是产生一个特殊的“无穷大”对象:

```
scala> 1.0/0.0
res0: Double = Infinity
```

358

多个异常类型可以用嵌套的 `match` 来进一步的区分:

```
1 // Try.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import util.{Try, Success, Failure}
4 import errors._
5
6 def f(n:Int) = Try(toss(n)) match {
7   case Success(r) => r
8   case Failure(e) => e match {
9     case Except1(why) => s"Except1 $why"
10    case Except2(n) => s"Except2 $n"
11    case Except3(msg, d) =>
12      s"Except3 $msg $d"
13  }
14 }
15
16 f(0) is "OK"
17 f(1) is "Except1 Reason"
18 f(2) is "Except2 11"
19 f(3) is "Except3 Wanted: 1.618"
```

在这里, 事情变得稍微麻烦一些。幸运的是, `Try` 有相应的措施来简化代码, 即 `recover` 方法, 它可以接受任何异常, 并将其转换为有效的结果:

```
1 // TryRecover.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import util.Try
4 import errors._
5
6 def f(n:Int) = Try(toss(n)).recover {
7   case e:Throwable => e.getMessage
8 }.get
9
```

359

```

10 def g(n:Int) = Try(toss(n)).recover {
11   case Except1(why) => why
12   case Except2(n) => n
13   case Except3(msg, d) => s"$msg $d"
14 }.get
15
16 f(0) is "OK"
17 f(1) is "Reason"
18 f(2) is "11"
19 f(3) is "Wanted: 1.618"
20
21 g(0) is "OK"
22 g(1) is "Reason"
23 g(2) is "11"
24 g(3) is "Wanted: 1.618"

```

`Success` 对象将会原封不动地穿过 `recover`，但是 `Failure` 对象将被捕获，并且与 `recover` 的 `match` 子句匹配。无论从每个 `case` 中产生的是什么，都会包装在 `Success` 中返回。因此，使用 `recover` 时只产生 `Success` 对象，并且一定具有实际意义。

`f` 中的 `recover` 会捕获所有 `Throwable`，并且获得其中包含的消息。`g` 中的 `recover` 会匹配特定的感兴趣的异常。

在 `Success` 对象上调用 `get` 会得到其中的内容。但是，在 `Failure` 对象上调用 `get` 会产生异常，即放置在 `Failure` 对象内的最初的异常。例如，在试图将字符串“pig”转换为 `Int` 时就会产生异常，该异常会被 `Try` 捕获到 `Failure` 对象中：

```

1 // PigInt.scala
2 import util.Try
3
4 val result = Try("pig".toInt)
5
6 assert(
7   result.toString.startsWith("Failure"))
8
9 assert((try {
10   result.get
11 } catch {
12   case _:Throwable => "Yep, an exception"
13 }) == "Yep, an exception")

```


 360

第 6 ~ 7 行的 `assert` 说明确实产生了 `Failure` 对象 (`startsWith`，正如其名字所表示的，它是 `String` 的一个方法，会将其参数与其所属的 `String` 对象进行比较)。在第 10 行，我们在 `Failure` 对象上调用 `get`，所

产生的异常在 `catch` 子句中被捕获，而 `assert` 可以验证这一切确实发生了。对不良的 `get` 抛出异常是有意义的，因为它们一般来说都是编程错误（在 `TryRecover.scala` 中，不良的 `get` 表示 `recover` 子句未覆盖所有可能的情况）。

你可能已经注意到了，与 `Option` 一样，`Try` 就像是一个存储了单个项的容器。下面的示例中，`Try` 提供了容器操作：

```

1 // ContainerOfOne.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import util.{Try, Success}
4
5 Try("1".toInt).map(_ + 1) is Success(2)
6 Try("1".toInt).map(_ + 1).foreach(println)
7 // Doesn't print anything:
8 Try("x".toInt).map(_ + 1).foreach(println)

```

在第 5 行，我们将 `map` 应用在 `Try` 的结果上，而产生的结果又是另一个 `Try` 对象。在第 6 行，我们在 `Try` 对象上链接了另一个操作。这与将这些操作应用到包含单个元素的 `Vector` 上是一样的。但是，当 `Try` 在第 8 行失败时，链接的方法会自动被忽略，并且之后也不会发生任何事情。

361

如果想对 `Success` 和 `Failure` 都执行操作，那么 `transform` 可以接受一个针对 `Success` 的函数和一个针对 `Failure` 的函数：

```

1 // TryTransform.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import util.Try
4 import errors._
5
6 def f(n:Int) = Try(toss(n)).transform(
7   i => Try(s"$i Bob"), // Success
8   e => e match { // Failure
9     case Except1(why) => Try(why)
10    case Except2(n) => Try(n)
11    case Except3(msg, d) => Try(d)
12  }
13 ).get
14
15 f(0) is "OK Bob"
16 f(1) is "Reason"
17 f(2) is "11"
18 f(3) is "1.618"

```

传递给 `transform` 的第一个参数用于 `Success` 结果，而第二个参数用于 `Failure` 结果。在两种情况中，返回值都必须是一个 `Try` 对象，因为在本例

中没有任何 `transform` 中的 `Try` 会失败 (注意第 13 行对 `get` 的调用), 所以我们可以使其均为 `Success` 对象。

根据需要, `Try` 可以产生一些非常简洁的错误检查和处理代码。例如, 如果有一个缺省的用于错误情况的保底值, 那么可以使用 `getOrElse` (这对 `Option` 来说也是可用的):

```
1 // IntPercent.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import util.Try
4
5 def intPercent(amount:Int, total:Int) =
6   Try(amount * 100 / total).getOrElse(100)
7
8 intPercent(49, 100) is 49
9 intPercent(49, 1000) is 4
10 intPercent(49, 0) is 100
```

注意, `getOrElse` 的参数也可以是一个表达式。

如果只想捕获一个异常的子集, 那么可以创建一个 `Catch` 对象。`catching` 方法是一个工厂, 它会接受要捕获的异常类的列表, 而 `classOf` 会产生对某个类的引用。

```
1 // Catching.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import util.control.Exception.catching
4 import errors._
5
6 val ct2 = catching(classOf[Except2])
7
8 val ct13 = catching(classOf[Except1],
9   classOf[Except3])
10
11 ct2.toTry(toss(0)) is "OK"
12 ct13.toTry(toss(0)) is "OK"
13 ct13.toTry(toss(1)) is
14 "Failure(errors.Except1: Reason)"
15 ct13.toTry(toss(3)) is
16 "Failure(errors.Except3: Wanted: 1.618)"
17
18 (try {
19   ct13.toTry(toss(2))
20 } catch {
21   case e:Throwable => "Except2"
22 }) is "Except2"
```

各个 `Catch` 对象被配置为 `ct2` 以捕获 `Except2`, 而 `ct13` 用来捕获

`Except1` 或 `Except3` 尽管这些 `Catch` 对象包含一大串功能（它们早于 `Try` 出现），但是我们只介绍了 `toTry`，它会产生 `Try` 对象，而它的参数就是要测试的表达式。在第 14 行和第 16 行可以看到异常变成了 `Failure` 对象。第 18 ~ 22 行说明如果 `Catch` 对象没有处理某个特定的异常，那么该异常就会穿过 `Catch` 对象，并且必须在传统的 `catch` 子句中被捕获。

一般来说，`Catch` 看起来不如 `Try` 有用。

`Try` 也可以用于推导。下面的示例将前一个原子的 `ComprehensionOption.scala` 从使用 `Option` 迁移到使用 `Try`：

```

1  // TryComprehension.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3  import util.{Try, Failure, Success}
4
5  def cutoff(in:Int, thresh:Int, add:Int) =
6      if(in < thresh)
7          Failure(new Exception(
8              s"$in below threshold $thresh"))
9      else
10         Success(in + add)
11
12 def a(in:Int) = cutoff(in, 7, 1)
13 def b(in:Int) = cutoff(in, 8, 2)
14 def c(in:Int) = cutoff(in, 9, 3)
15
16 def f(in:Int) =
17     for {
18         u <- Try(in)
19         v <- a(u)
20         w <- b(v)
21         x <- c(w)
22         y = x + 10
23     } yield y * 2 + 1
24
25 f(7) is Success(47)
26 f(6) is "Failure(java.lang.Exception: " +
27     "6 below threshold 7)"
28
29 val result =
30     for {
31         i <- 1 to 10
32         j <- f(i).toOption
33     } yield j
34
35 result is Vector(47, 49, 51, 53)

```

上面几乎所有代码都是从 `ComprehensionOption.scala` 直接迁移过来的。

只有第 32 行是例外。在本例最初的版本中，我们只是声明 `j <- f(i)`，而 `f(i)` 的结果会自动拆装到 `j` 中。如果你在这里也尝试做同样的事情，那么会得到一条错误消息，抱怨它想要的是 `GenTraversableOnce` 对象而不是 `Try` 对象。之所以发生这种问题，是因为推导的第一行（见第 31 行）建立了推导序列的类型，在本例中就是 `1 ~ 10` 的 `Range` 被提升为 `Vector`。因为该推导是以用于 `i` 的类似 `Vector` 一样的东西开头的，所以希望用于 `j` 的也是类似的东西，而这就是产生抱怨的根源：Scala 想要某种能够“遍历”的东西（例如 `Vector`），而它不知道如何对 `Try` 做遍历。

正如我们在 `ComprehensionOption.scala` 中所看到的，Scala 知道如何“遍历”（在本例中要拆装）`Option`，因此通过使用 `toOption` 可以得到想要的结果。虽然我们想要的确实不是 `Option`，但是这种转换告诉 Scala 如何绕过这个问题。

下面是用 `Try` 和 `recover` 重写的用 `Either` 进行错误报告中的 `CodeListingEither.scala` 工厂方法：

```

1 // ShowListingTry.scala
2 import util.Try
3 import java.io.FileNotFoundException
4 import codelisting._
5 import codelistingtester._
6
7 def listing(name:String) =
8   Try(new CodeListing(name)).recover{
9     case _:FileNotFoundException =>
10       Vector(s"File Not Found: $name")
11     case _:NullPointerException =>
12       Vector("Error: Null file name")
13     case e:ExtensionException =>
14       Vector(e.getMessage)
15   }.get
16
17 new CodeListingTester(listing)

```

注意其中的改进：之前必须将成功的调用包装到 `Right` 中，但是 `Try` 可将成功调用的结果包装在 `Success` 中；之前不成功的调用被包装在 `Left` 中，以后还要对其拆装，但是 `recover` 可以产生一个可用的结果。

在用 `Either` 进行错误报告中，我们曾经提出这个问题：“当不相交并集专门用于错误时会怎样？”`Try` 看起来就像是这种并集，并包含名字 `Success` 和 `Failure`。为什么不直接将 `Left` 和 `Right` 替换为 `Failure` 和 `Success`

呢？这种方式的困难之处将在下一个原子中阐述，到时将呈现另一种可选的错误处理方式。

Scala 以后的版本可能会包含对错误报告和处理机制的重新设计，我们殷切希望新的设计能够使程序员编写出更简单和更直观的错误处理代码。

我们一直聚焦在处理错误上，其实还有第三方库可以帮助我们校验数据（和错误处理有些细微的差别），这就是 `scalaz` 库中的 `Validation` 组件，你可以自己探索。

## 练习

1. 修改 `TryTransform.scala`，以显示在 `transform` 参数列表中的所有 `Try` 调用都可以替换为 `Success`。编写的代码需要满足下列测试：

```
f(0) is "OK Bob"  
f(1) is "Reason"  
f(2) is "11"  
f(3) is "1.618"
```

2. 移除在 `transform` 的结果上执行的 `.get` 动作。必须做些什么才能让测试通过？
3. 修改 `ShowListingTry.scala` 使其包含行号。是否能够使用在构造器和异常解决方案中编写的 `CodeListingTester`？

## 定制错误报告机制

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future

应该用什么来报告错误呢？正如我们所指出的，`Either` 是一个有用的经验，但是 `Left` 和 `Right` 对于错误处理来说并不是特别有意义的名字（尽管在推导中可以使用 `Either`，但是需要额外的语法支持，这使其变得更复杂且不易阅读）。`Try` 的 `Success` 和 `Failure` 是更好的名字，而且更有用，但是可以将它们用于普通的错误报告机制吗？

为了着手回答这个问题，我们创建了自己的用于报告错误的不相交并集，它具有与 `Either` 几乎相同的效果，但是名字更有意义。`Good` 包含有效的结果数据，而 `Bad` 包含一条错误消息：

```

1 // CustomErrors.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 sealed trait Result
5 case class Good(x:Int, y:String)
6   extends Result
7 case class Bad(errMsg:String)
8   extends Result
9
10 def tossCustom(which:Int) = which match {
11   case 1 => Bad("No good: 1")
12   case 2 => Bad("No good: 2")
13   case 3 => Bad("No good: 3")
14   case _ => Good(which, "OK")
15 }
16
17 def test(n:Int) = tossCustom(n) match {
18   case Bad(errMsg) => errMsg
19   case Good(x, y) => (x, y)
20 }
21
22 test(47) is (47, "OK")
23 test(1) is "No good: 1"
24 test(2) is "No good: 2"
25 test(3) is "No good: 3"

```

第 4 行的 `sealed` 关键字是在标记特征和 `case` 对象中引入的。

传递给 `Bad` 的参数可以是异常或其他任何有用的类型。注意，定义 `Good` 和 `Bad` 与定义自己的异常所需投入的精力差不多一样。

就目前的状况来说，这是一个可接受的解决方案。因为对不同的方法会返回不同的信息，所以调用者必须理解和处理返回值，并且不相交并集会强制客户端程序员承认他们可能会得到 `Bad` 结果。但是，这种方式仍会失去 `Option` 和 `Try` 提供的语法能力，例如在 `ComprehensionOption.scala` 和 `TryComprehension.scala` 中看到的编写推导的能力。

是什么阻止我们为了报告错误而适配 `Try`？不能这样做的主要原因是，`Failure` 要求传递给它一个 `Throwable` 参数，而 `Throwable` 是所有异常的基类。如果这样做，那么就会因栈轨迹而造成沉重的负担。栈轨迹包含有关异常的所有信息，包括它来自于哪里以及它所经历的所有中间步骤。为了产生一个简单的错误报告而创建栈轨迹可谓代价高昂，这使得人们对这种方法敬而远之。

幸运的是，有一种解决方案：`util.control` 包含一个称为 `NoStackTrace` 的特征，它可以抑制栈轨迹的创建，这样就消除了将 `Success` 和 `Failure` 用作返回值时被人诟病的开销问题。下面是一个简单的库，它将 `String` 错误消息捕获到 `Failure` 对象内：

```

1  // Fail.scala
2  package com.atomicscala.reporterr
3  import util.Failure
4  import util.control.NoStackTrace
5
6  class FailMsg(val msg:String) extends
7  Throwable with NoStackTrace {
8    override def toString = msg
9  }
10
11 object Fail {
12   def apply(msg:String) =
13     Failure(new FailMsg(msg))
14 }
```

因为 `FailMsg` 融合了 `NoStackTrace`，所以它的作用和异常对象一样，但是不会创建栈轨迹：

```

1  // FailMsgDemo.scala
2  import com.atomicscala.reporterr.FailMsg
3
```

```

4  try {
5      throw new FailMsg("Caught in try block")
6  } catch {
7      case e:FailMsg => println(e.msg)
8  }
9
10 throw new FailMsg("Uncaught")
11 println("Beyond uncaught")
12
13 /* Output:
14 Caught in try block
15 Uncaught
16 */

```

第 4 ~ 8 行说明 `FailMsg` 的作用就像异常一样。在第 10 行可以看到，当抛出一个 `FailMsg` 且不捕获它时，它会一路抛下去，就像任何异常一样。在使用其他异常时，这会产生冗长且嘈杂的栈轨迹，但是此处能看到的也只是“`Uncaught`”。还要注意，第 11 行的 `println` 永远都不会执行，因为抛出异常会中止该程序正常向前执行的过程。

现在，我们可以将 `Success` 和 `Failure` 对象当作方法的返回值来使用。在 `object Fail` 中的 `apply` 方法会产生一种用于报告错误的简单语法，正如第 8 行和第 10 行所示：

```

1  // UsingFail.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3  import util.{Try, Success}
4  import com.atomicscala.reporterr.Fail
5
6  def f(i:Int) =
7      if(i < 0)
8          Fail(s"Negative value: $i")
9      else if(i > 10)
10         Fail(s"Value too large: $i")
11     else
12         Success(i)
13
14 f(-1) is "Failure(Negative value: -1)"
15 f(7) is "Success(7)"
16 f(11) is "Failure(Value too large: 11)"
17
18 def calc(a:Int, b:String, c:Int) =
19     for {
20         x <- f(a)
21         y <- Try(b.toInt)
22         sum  = x + y
23         z <- f(c)

```

```

371
24     } yield sum * z
25
26 calc(10, "11", 7) is "Success(147)"
27 calc(15, "11", 7) is
28 "Failure(Value too large: 15)"
29 calc(10, "dog", 7) is
30 "Failure(java.lang." +
31 "NumberFormatException: " +
32 """For input string: "dog")"""
33 calc(10, "11", -1) is
34 "Failure(Negative value: -1)"

```

通过 `calc` 方法可见, 由 `Try` 和我们的 `f` 方法所产生的 `Success` 和 `Failure` 对象在推导中都可以使用。注意第 21 行, 它调用 `toInt` 将 `String` 转换成 `Int`。如果该操作失败, 那么就会抛出异常, 该异常会被 `Try` 捕获并报告, 其报告方式与我们定制的错误报告方式相同。

下面是使用 `reporterr` 的被 0 除的示例:

```

1  // DivZeroCustom.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3  import util.Success
4  import com.atomicscala.reporterr.Fail
5
6  def f(i:Int) =
7      if(i == 0)
8          Fail("Divide by zero")
9      else
10         Success(24/i)
11
12 def test(n:Int) = f(n).recover{
13     case e => s"Failed: $e"
14 }.get
15
16 test(4) is 6
17 test(5) is 4
18 test(6) is 4
19 test(0) is "Failed: Divide by zero"
20 test(24) is 1
21 test(25) is 0

```

第 12 ~ 14 行展示了采用 `Try` 而不是只使用完全由我们自己创建的错误报告系统 (Good/Bad 示例) 所带来的好处。这里只看到了 `recover` 和 `get`, 但是在使用 `reporterr` 时, 所有 `Try` 操作 (包括与推导的联用, 就像 `UsingFail.scala` 中那样) 都会自动变成可用的。`Try` 和我们的 `reporterr` 包可以无缝地一起工作。

下面将构造器和异常中的 `CodeListing.scala` 转换为使用 `reporterr`:

```

1 // CodeListingCustom.scala
2 package codelistingcustom
3 import codelisting._
4 import java.io.FileNotFoundException
5 import util.Success
6 import com.atomicscala.reporterr.Fail
7
8 object CodeListingCustom {
9     def apply(name:String) =
10        try {
11            Success(new CodeListing(name))
12        } catch {
13            case _:FileNotFoundException =>
14                Fail(s"File Not Found: $name")
15            case _:NullPointerException =>
16                Fail("Error: Null file name")
17            case e:ExtensionException =>
18                Fail(e.getMessage)
19        }
20    }

```

记住，不能在构造器内部使用 `Success` 和 `Fail`，因为不能从构造器返回任何信息，因此如果构造器失败，那么必须抛出异常。`apply` 工厂方法会捕获这些异常，并将它们转换为 `Failure` 对象。

373

为了使用上面的代码，我们再次将所有错误转换成 `Vector[String]`:

```

1 // ShowListingCustom.scala
2 import codelistingcustom._
3 import codelistingtester._
4
5 def listing(name:String) =
6     CodeListingCustom(name).recover{
7     case e => Vector(e.toString)
8 }.get
9
10 new CodeListingTester(listing)

```

让我们再多看一眼这个示例。我们使用了推导，因此构造器会对创建推导出来的 `Vector` 进行控制。因为已经创建了 `Vector` 来存储错误消息，所以可以捕获构造器内的所有错误，并直接把它们放到推导出来的 `Vector` 中，这使代码变得简洁得多：

```

1 // CodeVector.scala
2 package codevector

```

```

3  import util.Try
4  import java.io.FileNotFoundException
5
6  class CodeVector(val name:String)
7  extends collection.IndexedSeq[String] {
8    val vec = name match {
9      case null =>
10        Vector("Error: Null file name")
11      case name
12        if(!name.endsWith(".scala")) =>
13          Vector(
14            s"$name doesn't end with '.scala'")
15      case _ =>
16        Try(io.Source.fromFile(name)
17          .getLines.toVector).recover{
18          case _:FileNotFoundException =>
19            Vector(s"File Not Found: $name")
20        }.get
21    }
22    def apply(idx:Int) = vec(idx)
23    def length = vec.length
24  }

```

现在，这个构造器不会抛出异常，这样就可以根除在该构造器外部的所有错误处理代码。注意，如果使用继承，那么就没有任何办法可以捕获基类构造器抛出的异常。

因为 `CodeVector` 没有 `apply` 方法，因此我们创建了一个匿名函数（使用便捷表示法）作为 `CodeListingTester` 的参数：

```

1 // ShowCode.scala
2 import codelistingtester. _
3 import codevector. _
4 new CodeListingTester(new CodeVector(_))

```

“构造器不抛出任何异常”这种方式可以产生到目前为止我们所看到的最干净的代码。当然，你仍需在某处处理问题，在本例中，这些信息想必会传递给最终用户。

## 练习

1. 重写 `ShowListingEither.scala`（以及其他必需的代码），使其使用 `Success` 和 `Fail`。
2. 修改 `总结 2` 中的 `TicTacToe.scala`，使其使用 `Success` 和 `Fail`。

3. 编写一个 `testArgs` 方法，它会接受一个由元组构成的可变元参数列表，其中每个元组都包含一个 `Boolean` 表达式，以及一个用于该 `Boolean` 表达式失败时的 `String` 消息。为每个元组产生一个 `Success` 或 `Failure`。现在创建一个方法：

```
f(s:String, i:Int, d:Double)
```

在该方法中调用 `testArgs`，并传递下面的元组：

```
(s.length > 0, "s must be non-zero length"),
(s.length <= 10, "length of s must be <= 10"),
(i >= 0, "i must be positive"),
(d > 0.1, "d must be > 0.1"),
(d < 0.9, "d must be < 0.9")
```

该方法会接受 `testArgs` 的输出并对其进行过滤，使其只剩下 `Failure` 对象。编写的代码需要满足下列测试：

```
f("foo", 11, 0.5) is ""
f("foobarbazbingo", 11, 0.5) is
"Failure(length of s must be <= 10)"
f("", 11, 0.5) is
"Failure(s must be non-zero length)"
f("foo", -11, 0.5) is
"Failure(i must be positive)"
f("foo", 11, 0.1) is
"Failure(d must be > 0.1)"
f("foo", 11, 0.9) is
"Failure(d must be < 0.9)"
```

## 按契约设计

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

按契约设计 (Design by Contract, DbC) 思想的提出可以归功于 Eiffel 编程语言的创造者 Bertrand Meyer, Scala 从中汲取了按契约设计的精神。按契约编程关注设计错误, 它会验证参数和返回值在运行时是否与设计过程中确定的规则 (“契约”) 相一致。它还包括不变式的概念, 即在开始调用方法和调用方法结束时保持不变的值。

按契约设计为发现或避免错误另辟蹊径, 这遵循了我们已经看到过的模式: 有数不清的方式可以用来揭示错误……因为这不是个小问题。单一的方法看起来都无法应对所有情况, 这就是为什么我们最终选择多种策略。

方法使用内建的 `assert` 来确保表达式为真。Scala 包含用作按契约编程工具的类似方法 `require` 和 `assume` (后者是 `assert` 的别名)。`require` 或 `assume` 的失败表示存在编程错误, 这意味着没有任何希望继续执行了, 你可以决定以最佳方式报告该错误并退出程序 (缺省行为是抛出异常)。这对于 `require` 和 `assume` 来说是件不错的事, 可以将它们作为检查措施插入程序中, 而且不会添加任何其他束缚, 因为它们只有在失败时 (意味着存在 bug) 才会起作用:

```

1  // DesignByContract.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest.-
3  import util.Try
4
5  class Contractual {
6      def f(i:Int, d:Double) = {
7          require(i > 5 && i < 100,
8                  "i must be within 5 and 100")
9          val result = d * i
10         assume(result < 1000,
11                 "result must be less than 1000")
12         result
13     }
14 }
15
16 def test(i:Int, d:Double) =
17     Try(new Contractual().f(i, d)).recover{

```

```

18     case e => e.toString
19   }.get
20
21 test(10, 99) is 990.0
22 test(11, 99) is
23 "java.lang.AssertionError: " +
24 "assumption failed: " +
25 "result must be less than 1000"
26 test(0, 0) is
27 "java.lang.IllegalArgumentException: " +
28 "requirement failed: " +
29 "i must be within 5 and 100"

```

前置条件通常会查看方法参数，在执行该方法体的主要部分之前，先校验它们是否在有效的或可接受的值集范围内。如果前置条件失败，那么该方法就不会执行。`require` 方法声明“这必须是真的”，因此它接受一个布尔表达式，以及一个可选的将作为错误报告的一部分而给出的 `String` 消息。如果 `require` 失败，它就会抛出 `IllegalArgumentException`，这是另一个测试方法参数的指示器。

因为永远不知道客户端程序员会向方法传递什么参数，所以一旦放置了前置条件，那么通常永远不会将其移除。永远不能保证前置条件不会被违反，因为无法预测客户端程序员会做些什么。

后置条件正常情况下会检查方法调用的结果，并且会用 `assume` 方法对其进行测试，如果测试失败将抛出 `AssertionError`。前置条件可以保证参数的正确性，而后置条件可以帮助校验方法的正确性，以确保代码没有做任何违反程序规则的事。这意味着在完成充分的测试后，就可以有效地证明后置条件总是为真（假设前置条件也为真）。

一旦已经证明这一点，那么后置条件就是冗余的了，这时因为效率原因而将其移除也不会有任何问题。但是将它们留下也不错，在修改代码时也许希望重新使用这些测试。为了方便起见，Scala 提供了一个编译标志以移除可省略的表达式。下面的示例展示了这种效果：

378

```

1 // ElidingDBC.scala
2 import util.Try
3
4 object ElidingDBC extends App {
5   println(Try(require(false, "require!")))
6   println(Try(assume(false, "assume!")))
7   println(Try(assert(false, "assert!")))
8 }

```

我们使用 Try 将第 5 ~ 7 行的每一个输出都降解为单行。

如果运行下面的 shell 命令：

```
scalac -Xelide-below 2001 ElidingDBC.scala
scala ElidingDBC
```

379

将会看到只有第 5 行的 require 还保留着，第 6 行和第 7 行的 assume 和 assert 已经被编译器移除了。当值小于等于 2000 时，assume 和 assert 会在编译时保留；而值大于等于 2001 时，它们会被移除。但是，require 永远不会被移除，因为不能保证客户端程序员能够满足参数的前置条件。

Scala 还有一个称为 *assuring* 的按契约设计结构，它支持按契约设计的第三部分，即不变式（我们在本书中没有讨论这个问题）。你可以在维基百科或其他 Web 资源上学习有关按契约设计的更多知识。

## 练习

1. 创建三个方法：第一个只检查前置条件，第二个只检查后置条件，第三个前置条件和后置条件都检查。每个方法都有相同的方法体：接受一个 `String` 参数，它必须在 4 ~ 10 个字符之间，每个字符都必须表示一个数字。每个方法都会将每个数字转换为 `Int`，然后将所有数字加起来产生最终结果。后置条件应该检查该结果，以验证它位于预期的取值范围之内。
2. 编写一个 `App`（参见应用），它有一个方法，该方法接受一个由字母构成的 `String` 类型的命令行参数，将其转换为小写，然后再将每个字符转换为其在字母表中对应的顺序值，例如 a 是 1、b 是 2，以此类推。对这些值求和，然后显示结果。使用前置条件来校验输入是否是正确的形式，后置条件用来确保产生的结果在预期的取值范围之内。
3. 编写一个方法，它接受一个 `Int` 参数并将其乘以 3。它还有一个后置条件，在结果是奇数时失败。忽略后置条件，看看之后发生的失败是怎样溜出视线的。增加一个前置条件来防止失败。

380

## 记日志

ATOMIC SCALA: Learn the basics of functional programming in Scala

在某些情况下，当发现问题时，你所能做的就是报告问题。例如，在 Web 应用中，如果出现了问题，你是不可以关闭程序的。记日志就是指记录这些事件，使得应用的程序员和管理员得到另一种发现问题的工具。

为了简单，我们采用 Java 内建的日志记录机制，它对于我们的目标而言已经足够，并且不要求安装额外的库（许多人发现 Java 的方法还不够用，所有有很多第三方日志记录包）。我们将其编写成一个特征，使得它可以和任何类相结合：

```

1  // Logging.scala
2  package com.atomicscala
3  import java.util.logging.-
4
5  trait Logging {
6      val log = Logger.getLogger(".")
7      log.setUseParentHandlers(false)
8      log.addHandler(
9          new FileHandler("AtomicLog.txt"))
10     log.addHandler(new ConsoleHandler)
11     log.setLevel(Level.ALL)
12     log.getHandlers.foreach(
13         _.setLevel(Level.ALL))
14     def error(msg:String) = log.severe(msg)
15     def warn(msg:String) = log.warning(msg)
16     def info(msg:String) = log.info(msg)
17     def debug(msg:String) = log.fine(msg)
18     def trace(msg:String) = log.finer(msg)
19 }
```

381

Java 的日志记录包中包含记录器，你可以向其写入消息，还包含处理器，可以将消息记录到它们各自的介质中。

如果传递给 `getLogger` 的参数是一个空字符串，那么日志消息将包括：

`java.util.logging.LogManager$RootLogger`

如果 `getLogger` 的参数不是空字符串，那么该字符串自身将会被忽略，

但是日志消息中包含的内容将变成下面这行信息 (以及为日志项而调用的 `Logging` 方法的名字):

```
com.atomicscala.Logging$class
```

每个记录器都可以和多个处理器交互, 第 8 ~ 9 行的处理器写入文件, 而第 10 行的处理器写入控制台。还有一个缺省的控制台处理器, 因此为了防止重复输出, 我们在第 7 行关闭了它。

我们想要将“日志记录级别”设置为 `Level.ALL`, 以便展示所有消息 (其他级别会展示更少的消息)。但是, 我们不能仅通过记录器自身来设置该级别 (见第 11 行), 因为记录器及其处理器会彼此独立地设置各自的级别, 并基于此来忽略消息。因此, 必须对所有处理器设置级别 (见第 12 ~ 23 行)。

要想使用这个库, 只需将 `Logging` 特征混用到类中:

```
382
1 // LoggingTest.scala
2 import com.atomicscala.Logging
3
4 class LoggingTest extends Logging {
5   info("Constructing a LoggingTest")
6   def f = {
7     trace("entering f")
8     // ...
9     trace("leaving f")
10  }
11  def g(i:Int) = {
12    debug(s"inside g with i: $i")
13    if(i < 0)
14      error("i less than 0")
15    if(i > 100)
16      warn(s"i getting high: $i")
17  }
18 }
19
20 val lt = new LoggingTest
21 lt.f
22 lt.g(0)
23 lt.g(-1)
24 lt.g(101)
```

所有 `Logging` 方法都变成了 `LoggingTest` 的组成部分, 因此可以在该类中像调用其他方法一样调用它们。例如, 在第 5 行我们不加任何限定直接调用了 `info`。

在运行该程序后查看 `AtomicLog.txt` 文件, 将会看到它包含的信息比出现

在控制台上的信息多得多。如果你曾经浏览过 HTML 文件的源码，那么这个文件的内容看起来会很熟悉，因为所有内容都是用很多尖括号和标签来描述其各个片段的。日志文件是用 XML (eXtensible Markup Language, 可扩展标记语言) 书写的，其目的是易于处理和组装 (Scala 发布版本中包含处理 XML 的库)。因为日志文件往往非常长 (特别是 Web 应用的日志文件)，所以任何有助于抽取信息的工具都会使你受益。

383

我们现在已经看到了大量方式可用于揭示程序中的问题，但是占压倒性数量的研究表明发现错误的最有效方法是代码复审：将若干个人集合到一起，对代码进行遍历。虽然人们已经做了很多研究 (并且大家都认识到代码复审是最好的传递知识的途径)，但是代码复审在实践中很少应用，因为这种方法“太昂贵了”。抱着侥幸心理显然是更好的商业策略。

## 练习

1. 在 `Logging.scala` 中添加一个额外的 `FileHandler` 和 `ConsoleHandler`，并验证两个处理器的输出是重复的。
2. 继续上一个练习，对每个日志记录级别，都添加一个 `FileHandler` 和 `ConsoleHandler`，并且对每个处理器都恰当地设置级别。验证每个处理器都只捕获了各自级别的输出。
3. 重写 `Loggin.scala` 和 `LogginTest.scala` 以产生一个 `App`，它使用其命令行参数来设置日志记录的级别。验证它对所有日志记录级别都可以工作。

384

## 扩展方法

ATOMIC SCALA: Learn Programm

假设你发现了一个库，它几乎可以完成你想要完成的所有任务，只要再有一两个额外的方法，就可以完美地解决问题。但是它不是你写的代码，因此你无权限访问源码，也不能控制它（你不得不在每次出现新版本时对其进行重复修改）。

Scala 支持扩展方法，因此，实际上可以在现有类中添加自己的方法。扩展方法是使用隐式类实现的，如果将 `implicit` 关键字放到类定义的前面，那么 Scala 就可以自动使用类参数来产生新类型的对象，然后将你的方法应用到该对象上。但是这样做有一个限制：扩展方法必须在一个 `object` 中定义。下面是两个用于 `String` 类的扩展方法：

```

1  // Quoting.scala
2  import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4  object Quoting {
5    implicit class AnyName(s:String) {
6      def singleQuote = s"'$s'"
7      def doubleQuote = s""""$s"""""
8    }
9  }
10 import Quoting._
11
12 "Hi".singleQuote is "'Hi'"
13 "Hi".doubleQuote is "\"Hi\""

```

因为这个类是 `implicit` 的，所以 Scala 接受任何调用了 `singleQuote` 或 `doubleQuote` 的 `String`，并将其转换为 `AnyName`，从而使调用合法化。

第 7 行的三个引号允许我们在 `String` 内使用双引号。第 13 行的反斜杠对“转义”字符串内部的引号是必需的，这使得 Scala 可以将它们当作字符而不是 `String` 的结尾来处理。

`implicit` 类（`AnyName`）的名字并不重要，因为 Scala 只是用它来创建一个中间对象，然后在其上调用扩展方法。在某些情况下，创建中间对象会因为性能原因而令人反感。为了解决这个问题，Scala 提供值类型，它不会创

建对象，而只进行调用。为了将 `AnyName` 转换为值类型，可以继承 `AnyVal`，其单一的类参数必须是 `val`，就像在第 4 行看到的那样：

```

1 // Quoting2.scala
2
3 package object Quoting2 {
4     implicit class AnyName(val s:String)
5     extends AnyVal {
6         def singleQuote = s"'$s'"
7         def doubleQuote = s""""$s"""""
8     }
9 }
```

在上例中，我们将 `implicit` 类包装在 `package object` 中，用来创建 `object Quoting2`，并将其也放入 `package`。

现在我们可以像前面那样导入并使用扩展方法了，其结果看起来是相同的：

386

```

1 // Quote.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import Quoting2._
4
5 "Single".singleQuote is "'Single'"
6 "Double".doubleQuote is "\"Double\""
```

被表象所隐藏的不同之处在于，在进行调用时不会创建任何中间的 `AnyName` 对象。通过使用 `AnyVal`，无需额外开销就可以执行调用（注意，在许多情况下，这种开销非常小而且无足轻重。Scala 的设计者一直不想让它成为一个问题，所以它们添加了值类）。

扩展方法可以带有参数：

```

1 // ExtensionMethodArguments.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3
4 case class Book(title:String)
5
6 object BookExtension {
7     implicit class Ops(book:Book) {
8         def categorize(category:String) =
9             s"$book, category: $category"
10    }
11 }
12 import BookExtension._
13
14 Book("Dracula") categorize "Vampire" is
15 "Book(Dracula), category: Vampire"
```

387



因为在 `categorize` 中使用了单一参数，所以可以在第 14 行使用“无需圆点”的中缀标记法来编写方法调用（再试试传统的标记法，以验证传统标记法也可以正常工作）。

最后，扩展方法也只是语法糖，例如，前一个例子可以重写为 `categorize(Book, String)` 方法。但是，人们发现扩展方法似乎会使所产生的代码具有更好的可读性（这是使用语法糖最好的理由）。

## 练习

1. 重写 `ExtensionMethodArguments.scala`，不使用扩展方法而获得相同的结果。
2. 修改 `ExtensionMethodArguments.scala`，在其中添加额外的扩展方法，使其具有两个参数。编写相应的测试。
3. 重写 `ExtensionMethodArguments.scala`，将 `Ops` 转换为值类。

388



## 使用类型类的可扩展系统

ATOMIC SCALA:

本书已接近尾声，本原子将开拓你的视野，帮助你挖掘 Scala 中更深层的宝藏。我们会介绍许多其他的概念和特性，你可能会发现它们更具挑战性。如果一时难以消化本原子的内容，那也不会有什么问题，因为你可以以后再回过头来理解它。

可扩展性对许多设计来说都是很重要的，因为在构建系统之初，通常不知道它将来的应用领域有多宽广。随着需求的增加，你需要通过添加功能来构建新版本。我们在多态中看到过一种创建可扩展系统的方式：继承出新类，并覆盖其中的方法。这里，我们要看一看类型类，它是另一种不同的创建可扩展系统的方式。

我们首先复习一下多态这种方式。假设你正在管理各种（用于作图或几何学的）图形，并且可以计算每种图形的面积。为了扩展这个系统，可以继承 `Shape` 并定义和覆盖 `area` 方法：

```

1 // Shape_Inheritance.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import scala.math.{Pi, sqrt}
4
5 trait Shape {
6   def area: Double
7 }
8
9 case class Circle(radius: Double)
10 extends Shape {
11   def area = 2 * Pi * radius
12 }
13
14 case class EQLTriangle(side: Double)
15 extends Shape {
16   def area = (sqrt(3)/4) * side * side
17 }
18
19 val shapes = Vector(Circle(2.2),
20   EQLTriangle(3.9), Circle(4.5))
21
22 def a(s: Shape) = f"$s area: ${s.area}%.2f"

```

```

23
24 val result = for(s <- shapes) yield a(s)
25
26 result is "Vector(Circle(2.2) area: " +
27 "13.82, EQLTriangle(3.9) area: 6.59," +
28 " Circle(4.5) area: 28.27)"

```

`area` 方法包含针对每一种图形的标准数学公式。`EQLTriangle` 表示“等边三角形”，因此所有边都具有相同的长度。这里没有显式地使用 `override` 关键字，因为我们扩展了一个包含抽象方法的 `trait`。

`shapes` 序列（一个 `Vector[Shape]`）中的每个对象都是作为泛化的 `Shape` 组装起来的。`area` 方法在运行时被解析为具体的对象类型，从而可以调用恰当的 `area` 以执行计算。

第 22 行使用了字符串插值中的 `f` 插值符，它会赋予你细粒度的格式化控制能力。就像 `s` 一样，`f` 负责对 `{}$` 中的表达式进行计算。在这一行的末尾，我们使用了格式字符串 `%.2f` 来格式化浮点数（从 `area` 中产生的是 `Double`），使其在小数点后保留两位。

390



多态方式显然会大量使用，因为它内建在语言中。但是，这个系统的可扩展性被严格地限制在图形这个继承层次结构之内。如果想创建跨类型的功能，那么无论这些类型是否属于该层次结构，都会有问题。我们需要的系统应该允许用最少的代码量在新类型中添加功能，并且无需侵入类型层次结构内部。甚至可以在对新类型没有控制权的情况下（例如，新类型来自其他人编写的库）向其添加新功能。这与扩展方法很类似，但是它可以跨类型工作，而不仅仅扩展单个类型。

类型类使得我们可以将功能与类型解耦，它专门针对功能建立了一个单独的继承关系，这个继承关系可以应用于任何对象类型，只要已经对系统进行过“训练”使其知道如何在这些类型上工作。最有利的一点是，Scala 会默默地自动选择恰当的功能以应用于具体对象。下面是使用类型类重写的前一个示例，它包含了我们将要解释的新特性：

```

1 // Shape_TypeClass.scala
2 import com.atomicscala.AtomicTest._
3 import scala.math.{Pi, sqrt}
4
5 trait Calc[S] {
6   def area(shape:S):Double
7 }
8

```

```

9  def a[S](shape:S)(implicit calc:Calc[S]) =
10    f"$shape area: ${calc.area(shape)}%2.2f"
11
12 case class Circle(radius:Double)
13
14 implicit object CircleCalc
15 extends Calc[Circle] {
16   def area(shape:Circle) =
17     2 * shape.radius * Pi
18 }
19
20 case class EQLTriangle(side:Double)
21
22 implicit object EQLTriangleCalc
23 extends Calc[EQLTriangle] {
24   def area(shape:EQLTriangle) =
25     (sqrt(3)/4) * shape.side * shape.side
26 }
27
28 a(Circle(2.2)) is "Circle(2.2) area: 13.82"
29 a(EQLTriangle(3.9)) is
30 "EQLTriangle(3.9) area: 6.59"
31 a(Circle(4.5)) is "Circle(4.5) area: 28.27"

```

391

`Calc` 特征是“功能层次结构”的根。注意，它有一个未加限制的类型参数 `S`，这意味着不能在它上面调用任何方法，因为你不知道它具备什么能力。可以执行的唯一动作就是将它当作参数传递给某个方法，在本例中就是 `area` 方法。创建 `Calc` 的每一个实现时都会指定 `S`，而这使得 `area` 的某个特定实现可以在其具体的 `shape` 类型上调用方法。

第 9 ~ 10 行中 `a` 的定义引入了两个新的特性。第一个特性是看起来有两个参数列表，这称为“`currying`”，对我们来说，它表示每个参数列表都会独立计算。第二个特性是在第二个列表中的参数是 `implicit` 的，这意味着 Scala 可以在调用过程中自动插入该参数。但是，为了实现这一点，要遵守相应的规则，即插入的备选对象 `CircleCalc` 和 `EQLTriangleCalc` 也必须是 `implicit` 的。在第 28、29 和 31 行可以看到对 `a` 的调用，它们只提供了第一个参数，因为 Scala 会自动找到并插入第二个参数，这种语法是将 `currying` 与 `implicit` 参数相结合的产物。

注意，`a` 调用了 `calc` 的 `area` 方法，将 `shape` 作为参数传递给它。在 `a` 内部，`calc` 和 `shape` 都是在 `S` 上参数化的，因此在调用 `a` 时，它们的类型必须是已知的，而编译器也将对这些类型进行检查。这是本例与前一个示例最重要的区别，在传统的多态机制中，实际类型（以及恰当的覆盖方法）是在运行

392

时确定的，但是在使用类型类时，所有代码都是在程序运行之前进行编译时解析的。

第 5 ~ 10 行创建了类型类的框架。现在，我们可以在该框架中添加任何类，以及它们所关联的 `Calc` 对象，而 `a` 可以在这些新类上工作。注意，`Circle` 和 `EQLTriangle` 彼此之间或者和其他类之间没有任何联系，这与 `Shape_Inheritance.scala` 中的情况不同，后者通过 `Shape` 基特征对边界进行了限定。为了在本例中添加新类，我们应该要么创建它，要么从其他库中导入它，然后再编写相关联的 `Calc` 对象。

`CircleCalc` 和 `EQLTriangleCalc` 在扩展 `Calc` 时都指定了各自关联的对象类型，因此可以访问该类型中的元素，即本例中的 `radius` 和 `side`。

在调用 `a` 时会传递给它一个对象，该对象会传递到第一个参数列表中。然后，Scala 查找 `Calc` 的 `implicit` 子类型，并（默默地）将其置于第二个参数列表中。如果无法找到这种对象，那么就会产生相应的编译时错误。

注意这种简洁的语法。将对象传递给 `a`，然后 Scala 默默地查找相关联的 `Calc` 对象，并执行你想执行的操作。如果要向系统中添加另一种类型，那么只需创建另一个 `Calc` 对象。在许多语言中，这种形式的可扩展性更显杂乱无章，而且也更令人头晕眼花。

393



你会注意到，我们没有像 `Shape_Inheritance.scala` 那样遍历对象的 `Vector`。在设计时，对象还没有任何共性，因此如果我们将其放到一个公共的集合中，那么它们只能被当作某种泛型来处理，这种泛型通常是 `Serializable`。当你试图将该集合中的每个对象传递给 `a` 时，`a` 只能得到一个 `Serializable` 对象，因此不知道对它能做些什么。对这个问题有一个解决方案，但是我们将它作为练习留给了读者（可以到互联网上搜索有关这个主题的帖子）。

## 练习

1. 在 `Shape_Inheritance.scala` 中添加 `Rectangle` 类，并验证它可以工作。现在将 `Rectangle` 类及其关联对象 `RectangleCalc` 添加到 `Shape_TypeClass.scala` 中，并验证它可以工作。注意它们的差异。
2. 在 `Shape_Inheritance.scala` 中添加新的操作 `checkSum`，它可以将面积转换为字符串，然后对每位数字（包括小数点）求和以产生 `Int` 表示的校验和。验证它可以工作。现在对 `Shape_TypeClass.scala` 做相同的事情，并注意它

们的差异。

3. 在 `Shape_TypeClass.scala` 中添加新类，但是不要创建关联的 `Calc` 类。试着使用它，看看会发生什么。
4. 试着在 `Shape_TypeClass.scala` 中复制 `Shape_Inheritance.scala` 的第 19 ~ 20 行和第 24 行，看看会发生什么。为什么可以这么做？
5. 创建一个名为 `Reporter` 的类型类特征，它有一个方法 `generate`。编写一个 `report` 方法，它可以接受任何对象及其关联的 `Reporter` 对象，并（通过使用 `generate`）产生一个包含有关该对象信息的 `String`。创建 `case` 类 `Person`、`Store` 和 `Vehicle`，它们每个都包含了不同的类型信息。创建它们相关联的 `Reporter` 对象，并证明你的类型类系统可以正确工作。
6. 创建一个名为 `Transformer` 的类型类特征，它有一个方法 `convert`，但是 `Transformer` 会接受两个类型参数：待转换的类型，以及要转换成的类型。编写一个 `transform` 方法，它接受任何对象及其关联的 `Transformer` 对象，并转换该对象。创建若干类以及它们关联的 `Transformer` 对象，并证明你的类型类系统可以正确工作。
7. 在第一个示例类和前一个练习中的转换的基础上，试着添加第二个方法 `transform2`，它会产生不同类型的结果。为什么会无法工作？添加代码来修复该问题。

394

395

## 接下来如何深入学习

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Functional and Object-Oriented Way

下面是我们建议的学习顺序：

- ※ 查看 [AtomicScala.com](http://AtomicScala.com) 上更多的信息，包括补充材料、解答指南和其他书籍。
- ※ Scala Koans：这是 [www.scalakoans.org](http://www.scalakoans.org) 上针对 Scala 初学者的自助练习。
- ※ [twitter.github.com/scala\\_school](http://twitter.github.com/scala_school) 上的 Twitter Scala School 也将 Scala 当作新语言（不要求 Java 基础）。某些材料可以当作对本书内容的复习，但是它还涵盖了其他主题，其中有一些比我们这里讨论的更深入。
- ※ [twitter.github.com/effectivescala](http://twitter.github.com/effectivescala) 上的 Twitter Effective Scala 提供了有用的使用指南。
- ※ [horstmann.com/scala](http://horstmann.com/scala) 上由 Cay Horstmann 编写的 Scala for the Impatient。
- ※ [www.artima.com/shop/programming\\_in\\_scala](http://www.artima.com/shop/programming_in_scala) 上由 Martin Odersky、Lex Spoon 和 Bill Venners 编写的《Programming in Scala》(第 2 版)。这本书是一部“Scala 大部头”，它介绍了尽可能多的内容，包括某些相当高级的主题。

## 附录A AtomicTest

**ATOMIC SCALA:** Learn Programming in a Language of the Future, Second Edition

下面是我们在本书中使用的测试框架，注意，它包含了 Scala 中比本书所涵盖的特性要更高级的特性：

```

1  // AtomicTest.scala
2  /* A tiny little testing framework, to
3  display results and to introduce & promote
4  unit testing early in the learning curve.
5  To use in a script or App, include:
6  import com.atomicscala.AtomicTest._
7  */
8  package com.atomicscala
9  import language.implicitConversions
10 import java.io.FileWriter
11
12 class AtomicTest[T](val target:T) {
13   val errorLog = "_AtomicTestErrors.txt"
14   def tst[E](expected:E)(test: => Boolean){
15     println(target)
16     if(test == false) {
17       val msg = "[Error] expected:\n" +
18         expected
19       println(msg)
20       val el= new FileWriter(errorLog,true)
21       el.write(target + msg + "\n")
22       el.close()
23     }
24   }
25   def str = // Safely convert to a String
26     Option(target).getOrElse("").toString
27   def is(expected:String) = tst(expected) {
28     expected.replaceAll("\r\n","\n") == str
29   }
30   def is[E](expected:E) = tst(expected) {
31     expected == target
32   }
33   def beginsWith(exp:String) = tst(exp) {
34     str.startsWith(
35       exp.replaceAll("\r\n","\n"))
36   }
37 }
```



```
38
39  object AtomicTest {
40    implicit def any2Atomic[T](target:T) =
41      new AtomicTest(target)
42  }
```

## 附录B 从Java中调用Scala

ATOMIC SCALA: Learn Programming in a Language of the Future. Second Edition

本附录是针对 Java 程序员的。一旦你看到在 Scala 中可以（毫不费力地）调用 Java 库，并且 Scala 会编译出 `.class` 文件，那么必然会问：“我可以在 Java 中调用 Scala 吗？”

可以，并且在从 Java 代码中调用时，只需稍加处理就可以让 Scala 库看起来像 Java 库一样。

首先，必须在 CLASSPATH 中添加 `scala-library.jar`。可以在标准安装的 Scala 中找到该文件。与其他任何 Jar 文件一样，添加的必须是包含该 Jar 文件自身名字在内的全路径。

有些 Scala 特性在 Java 中不可用。尽管通过编写特殊的代码可以实现对这些特性的访问，但是如果在编写 Scala 接口时，所采用的方式可以使 Scala 接口看起来就像是 Java 代码内部的普通 Java 接口，那么代码就会更容易且更干净。采用这种方式，你的 Java 代码不会看起来很奇怪或者把不熟悉 Scala 的读者吓到。如果需要，可以考虑编写一个“适配器”类来简化为 Java 提供的接口。

下面的示例展示了这种方法可以多么简单。埃拉托色尼筛选法是寻找质数的一种众所周知的方法。Scala 库很灵巧且很紧凑，这里不再解释它（以及它用到的额外的 Scala 特性），因为在网.上可以找到大量的相关解释。我们只想说这段代码比用 Java 编写的代码紧凑得多，并且不管多复杂都很容易验证其正确性：

```

1 // Eratosthenes.scala
2 package primesieve
3
4 object Eratosthenes {
5     def ints(n:Int):Stream[Int] =
6         Stream.cons(n, ints(n+1))
7     def primes(nums:Stream[Int]):Stream[Int]=
8         Stream.cons(nums.head, primes(
9             nums.tail.filter(
10                n => n % nums.head != 0)))

```

```
11  def sieve(n:Int) =  
12    primes(ints(2)).take(n).toList  
13 }
```

为了在 Java 中使用它，只需导入该库并调用 `sieve`。如果 CLASSPATH 设置得正确，那么在编译下面的代码时应该不会得到任何警告或错误：

```
1 // FindPrimes.java  
2 import primesieve.*;  
3  
4 public class FindPrimes {  
5   public static void main(String[] args) {  
6     System.out.println(  
7       Eratosthenes.sieve(17));  
8   }  
9 }
```

在 Java 代码中，你不能告知是否正在调用 Java 库或 Scala 库。这里，我们将方法包装在 `object` 中，但是你可以很容易地将它当作类使用

这种方式使得 Java 工程无需修改代码基就可以从 Scala 的优势中获益。

# 索引

ATOMIC Scala: Concurrency in the Age of the Future, Second Edition

索引中的页码为英文原书页码，与书中标注的页码一致。

- !(取反), 58
- &&(Boolean 与), 61
- \*/(多行注释), 42
- /\*(多行注释), 42
- //(注释), 42
- :+(Vector), 183
- \_ (通配符), 137, 195, 327
- ||(Boolean 或), 61
- <-(从序列中获取), 110, 132
- <(小于), 59
- <=(小于等于), 65
- => (“火箭”), 136, 172
- >(大于), 57
- >=(大于等于), 65
- A
- abstract class (抽象类), 244
- abstract keyword (abstract 关键字), 244, 252
- access, uniform access principle (访问, 统一访问原则), 257
- accessibility, class arguments outside the class body (可访问性, 类体外部的类参数), 139
- AND(Boolean &&), 61
- anonymous function (匿名函数), 172, 178
- Any, 267
- Any 类型, 190, 194
- AnyVal, 386
- Apache Commons Math Library (Apache 公共数学库), 260
- API (Application Programming Interface, 应用程序编程接口), 87
- App (通过扩展创建应用), 264
- Apple Macintosh
- classpath (类路径), 31
- apply (应用), 225
  - as a factory (作为工厂), 338
- archive, unpacking (归档, 解开), 21
- argument (参数)
  - add new arguments with Option (添加带有 Option 的新参数), 355
- class arguments (类参数), 139
- command line (命令行), 265
- method argument list (方法参数列表), 74
- repeating a shell argument (重复 shell 参数), 20
- variable argument list(可变元参数列表), 141
- Array (数组), 266
- assert (断言), 77, 100, 377
- assume, 377
- assuring, 380
- AtomicTest, 101, 124
- automatic string conversion (自动字符串转换), 212
- auxiliary constructor (辅助构造器), 156

## B

backticks, and `case` statement (反钩, 与 `case` 语句), 327  
`base class` (基类), 229  
`constructors` (构造器), 231  
`initialization` (初始化), 231  
`body` (体)  
`class` (类), 91  
`for loop` (`for` 循环), 111  
`method body` (方法体), 74  
`Boolean`, 57, 119  
`&& (AND)`, 61  
`!=`, 184  
`OR (||)`, 61  
`type` (类型), 50  
`bound, upper` (边界, 上边界), 292  
`braces, curly, unnecessary` (非圆括号, 花括号, 非必需), 198  
`brackets, square` (方括号, 方形括号), 169  
`brevity` (简洁性), 197

## C

`case`  
`class` (类), 162  
`force symbol treatments with backticks` (用反钩强制进行的符号处理), 327  
`keyword` (关键字), 136  
`object` (对象), 290  
`pattern matching with case classes` (用 `case` 类进行模式匹配), 193  
`unpacking case classes` (拆包 `case` 类), 217  
`catch keyword` (`catch` 关键字), 333  
`catching, and Try` (捕获机制和 `Try`), 363  
`change directory` (变更目录), 20  
`child class` (子类), 229

`class` (类)

`abstract` (抽象), 244  
`arguments` (参数), 139  
`arguments accessible outside the class`  
`body` (在类体外部可访问的参数), 139  
`base class initialization` (基类初始化), 231  
`body` (体), 91  
`case`, 162  
`defining` (定义), 89  
`defining methods` (定义方法), 92  
`field initialization` (域初始化), 151  
`implicit`, 385  
`initialization` (初始化), 151  
`keyword` (关键字), 89, 128  
`type classes` (类型类), 389  
`classpath` (类路径)  
Linux, 38  
Macintosh, 31  
Windows, 25  
`code` (代码)  
`completion, in the REPL` (完成, 在 REPL 中), 82  
`duplication` (重复), 298  
`review` (复习), 384  
`collection` (集合), 114, 302  
`mutable vs. immutable` (可修改与不可修改), 324  
`command line, arguments` (命令行, 参数), 265  
`command line, Windows` (命令行, Windows), 18  
`command prompt` (命令提示符), 18  
`comment` (注释), 42  
`companion object` (伴随对象), 220, 222  
`apply as a factory` (作为工厂应用), 338

compile a package (编译一个包), 98  
 composition (组合), 277  
 compound expressions (组合表达式), 64, 72  
 comprehension (推导)  
   and Option (和 Option), 350  
   and Try (和 Try), 364  
   define values within a comprehension (在推导内定义值), 184  
   filters (过滤器), 182  
   for comprehension (用于推导), 182  
   generators (生成器), 182  
 conditional expression (条件表达式), 57, 71, 119  
 constraint, type parameter (限制条件, 类型参数), 292, 295  
 constructor (构造器), 151  
   and exceptions (和异常), 338  
   auxiliary (辅助构造器), 156, 232  
   derived class (导出类), 232  
   overloading (重载机制), 156  
   primary (主构造器), 156, 232  
 container (容器), 114, 302  
   creating a new type (创建新类型), 340  
 conversion, automatic string (转换, 自动字符串转换), 212  
 create directory (创建目录), 20  
 curly braces (花括号)  
   unnecessary (非必需), 198  
   vs parentheses in for comprehension (与 for 推导中的圆括号), 183  
 currying, 392

D

data storage object (数据存储对象), 162  
 data type (数据类型), 48  
   user-defined, (用户定义的), 81  
 declaration, vs. definition (声明, 与定义), 244  
 declaring arguments (声明参数), 75  
 def  
   keyword (关键字), 75, 125  
   overriding with val (用 val 覆盖), 257  
 default arguments, and named arguments (缺省参数, 命名参数), 144  
 define (定义)  
   classes (类), 89  
   define values within a comprehension (在推导内定义值), 184  
 definition, vs. declaration (定义, 与声明), 244  
 derived class (导出类), 229  
 design (设计), 274  
   by contract (DbC, 按契约设计), 377  
 directory (目录)  
   change (变换), 20  
   create (创建), 20  
   file system (文件系统), 19  
   list (列表), 20  
   parent (父目录), 19  
   remove (移除), 20  
 disjoint union (不相交并集), 343  
 dividing by zero (除 0), 358  
 documentation (文档), 87, 225  
 Double  
   constant (常数), 63  
   type (类型), 41  
 DRY (Don't Repeat Yourself, 不要自我重复), 95, 297  
 重复  
   code (代码), 298  
   remove using Set (使用 Set 移除 (重复元素)), 315

## E

editor (编辑器)  
 Eclipse, 17  
 IntelliJ IDEA, 17  
 sublime text, 17

**Either**, 343

elidable, compilation flag (可忽略, 编译标志), 379

**else** keyword (**else** 关键字), 119

enumeration (枚举), 240  
 alternative approach using tagging traits (使用标记特征的可替代方式), 289  
 subtypes (子类型), 291, 295

Eratosthenes, Sieve of (埃拉托色尼筛选法), 399

error (错误)  
 handling with exceptions (用异常处理错误), 331  
 off-by-one error (“差 1” 错误), 115  
 report with logging (通过记日志来报告错误), 381  
 reporting, custom (报告定制错误), 368

evaluation (计算)  
 order of (计算顺序), 71  
 parentheses to control order (用括号来控制顺序), 62

exception (异常)  
 and constructors (和构造器), 338  
 and Java libraries (和 Java 库), 336  
 converting exceptions with **try** (用 **try** 来转换异常), 357  
 define custom (定义定制异常), 333  
 error handling (错误处理机制), 331  
 handler (处理器), 332

throwing (抛出机制), 77  
 thrown by constructor with inheritance (被具有继承关系的构造器所抛出的异常), 375

execution policy, Powershell (执行策略, Powershell), 19

expression (表达式), 54, 70  
 compound (组合表达式), 64, 72  
 conditional (条件表达式), 57, 71, 119

match (匹配表达式), 136  
 new (new 表达式), 139  
 scope ((表达式的) 作用域), 64

extends keyword (extends 关键字), 228, 249

extensibility with type classes (使用类型类的可扩展性), 389

extension methods (扩展方法), 385

## F

factory (工厂)  
 apply as a factory (作为工厂应用), 338  
 method (方法), 225

**Failure**, 357

**false**, 57

field (域), 81  
 in an object (在对象中), 107

initialization inside a class (在类内部的初始化), 151

file (文件)  
 open and read (打开和读取), 340  
 remove (移除), 20

**FileNotFoundException**, 340

filter (过滤器), 354

**flatten**, 315

for comprehension (for 推导), 182

**f**

`for` keyword (for 关键字), 110  
`for` loop (for 循环), 110, 132  
 and `Option` (和 `Option`), 350  
`foreach`, 172, 178, 352  
`forking` (分叉), 298  
`fromFile`, 340  
`function` (函数)  
 anonymous (匿名 (函数)), 178  
`function literal` (anonymous function) (字面函数 (匿名函数)), 172  
`in place definition` (就地定义), 172  
`method` (方法), 74  
`objects` (对象), 172  
`functional` (函数式)  
`language` (语言), 81  
`programming` (编程), 180, 312

**G**

`generics, Scala parameterized types` (泛型, Scala 参数化类型), 169  
`getLines`, 340  
`getMessage`, 340  
`getOrElse` 和 `Try`, 362  
`global` (全局的), 343  
`greater than (>)` (大于, >), 57  
`greater than or equal (>=)` (大于等于, >=), 65  
`guide, style` (指南, 风格), 52, 204

**H**

`handler, exception` (处理器, 异常), 332  
`has-a` (有一个), 277  
`head` (头), 116  
`history, shell` (历史, shell), 20  
`hybrid object-functional` (混合的对象 - 函数式 (编程)), 126

**I**

`idiomatic Scala` (地道的 Scala), 207  
`implicit` keyword (`implicit` 关键字), 385, 392  
`import`, 241  
`Java packages` (Java 包), 260  
`keyword` (关键字), 95, 124  
`index, into a Vector` (索引, 到 `Vector` 中), 115  
`IndexedSeq` (继承自), 340  
`IndexOutOfBoundsException`, 115  
`inference` (推断)  
 return type (返回类型), 170, 201  
`type` (类型), 49, 69  
`Infinity` (无穷值), 358  
`infix notation` (中缀表示法), 102, 110, 125, 209  
`inheritance` (继承), 228, 277  
`exceptions thrown by constructor` (构造器抛出的异常), 375  
`multiple, vs traits` (多重 (继承), 与特征), 255  
`vs composition` (与组合), 277  
`initialization` (初始化)  
`base class` (基类), 231  
`combine multiple using tuples` (使用元组来组合多个初始化), 218

**I**

`Int`  
`truncation` (截尾), 62  
`type` (类型), 50  
`interpolation, string` (组装, 字符串), 166, 390  
`interpreter` (解释器), 41  
`invariant` (不变式), 377  
`invoking a method` (调用方法), 74

is-a (是一个) , 277

iterate, through a container (迭代, 遍历容器) , 115

Java

calling Scala from Java (从 Java 中调用 Scala) , 399

classes in Scala (Scala 中的类) , 87

import packages (导入包) , 260

libraries, and exceptions (库和异常) , 336

J

keyword (关键字)

abstract, 244, 252

case, 136

catch, 333

class, 89, 128

def, 75, 125

else, 119

extends, 228, 249

for, 110

implicit, 385, 392

import, 95, 124

new, 90, 338

object, 220, 264

override, 213, 237, 246

package, 97, 123

return, 119

sealed, 289, 369

super, 238, 254, 268

this, 156, 220

throw, 333

trait, 249

type, 202

with, 249

yield, 184

L

Left, 343

less than (<) (小于, <) , 59

less than or equal (<=) (小于等于, <=) , 65

lifting (提升) , 172

line numbers (行号) , 45

linear regression least-squares fit (线性回归最小二乘拟合) , 260

Linux

classpath (类路径) , 38

List, 301, 307

list directory (列举目录清单) , 20

literal, function (字面, 函数) , 172

logging, error reporting (记日志, 错误报告机制) , 381

lookup, table (查找, 表) , 328

loop, for (循环, for) , 110, 132

M

Macintosh

classpath (类路径) , 31

main, application using (main, 使用 main 的应用) , 265

map (映射表) , 178, 347, 352, 361

combined with zip (与 zip 组合) , 312

Map, 323, 328

connect keys to values (将键与值关联) , 318

MapLike, 319

matching (匹配机制)

pattern (模式) , 136

pattern matching with case classes (用 case 类进行模式匹配) , 193

pattern matching with types (用类型进行模式匹配), 189

**math**

- Apache Commons Math Library (Apache 公共数学库), 260
- Integer**, 63
- message, sending (消息, 发送), 85
- method (方法), 125
- body (体), 74
- defined inside a class (在类内部定义), 92
- extension methods (扩展方法), 385
- factory (工厂), 225
- function (函数), 74
- mutating (修改), 205
- overloading (重载), 148
- overriding (覆盖), 236
- parentheses vs no parentheses (带圆括号与不带圆括号), 204
- signature (签名), 148, 237
- modulus operator % (取余操作符, %), 183
- multiline comment (多行注释), 42
- multiline string (多行字符串), 50
- multiple inheritance, vs. traits (多重继承与特征), 255
- mutability, object (可修改性, 对象), 322
- mutating method (修改方法), 205

**N**

- name (名字)
  - name space (名字空间), 241
  - package naming (包命名机制), 99
  - named & default arguments (具名参数和缺省参数), 144
- new**

and **case classes** (和 **case** 类), 163

expression (表达式), 139

keyword (关键字), 90, 338

**None**, 349

**NoStackTrace**, 369

not operator (取反操作符), 58

notation, infix (表示法, 中缀), 102, 110, 209

**NullPointerException**, 340

**O**

- object (对象), 81
  - case**, 290
  - companion (伴随), 222, 338
  - data storage (数据存储), 162
  - function objects (函数对象), 172
  - initialization (初始化), 151
  - keyword (关键字), 220, 264
  - mutable vs. immutable (可修改的与不可修改的), 322
- object-functional hybrid language (对象 – 函数混合式语言), 126
- object-oriented (OO) programming language (面向对象编程语言), 81
- package (包), 327, 386
- off-by-one error (“差 1” 错误), 115
- operator (操作符)
  - != (Boolean)**, 184
  - %** (取余操作符), 183
  - :+ (Vector)**, 183
- defining (overloading) (定义 (重载)), 208
- not (取反), 58

**Option, instead of null pointers (Option (取代空指针))**, 349

**OR**

<code>Boolean   </code> , 61	polymorphism (多态), 238, 270, 304
short-circuiting (短路), 327	and extensibility (和可扩展性), 389
order of evaluation (计算顺序), 71	postcondition (后置条件), 379
overloading (重载)	Powershell, 18
constructor (构造器), 156	execution policy (执行策略), 19
doesn't work in the REPL (在 REPL 中不能工作), 150	precondition (前置条件), 378
method (方法), 148	primary constructor (主构造器), 156
operators (操作符), 208	principle, uniform access (原则, 统一访问), 257
override	profiler (分析器), 304
keyword (关键字), 213, 237, 244	programming, functional (编程, 函数式), 180
overriding methods (覆盖方法), 236	promotion (提升), 71
overriding <code>val/def</code> with <code>def/val</code> (用 <code>def/val</code> 覆盖 <code>val/def</code> ), 257	Properties, 95
P	R
package (包), 95	Random, 95
keyword, (关键字), 97, 123	Range, 81, 87, 110, 132
naming (命名), 99	recover, and Try (恢复和 Try), 359
object (对象), 327, 386	recursion (递归), 307
parameterized types (参数化类型), 169	reduce, 178
parent (父)	reference, <code>var</code> and <code>val</code> (引用, <code>var</code> 和 <code>val</code> ), 322
class (类), 229	reflection (反射), 267
directory (目录), 19	regression, linear (回归, 线性), 260
parentheses (圆括号)	remove directory (移除目录), 20
evaluation order (计算顺序), 62	remove file (移除文件), 20
on methods (在方法上), 204	repeating shell arguments and commands (重复 shell 参数和命令), 20
vs curly braces in <code>for</code> comprehension (与在 <code>for</code> 推导中的花括号), 183	REPL
paste mode, REPL (粘贴模式, REPL), 71	code completion (代码完成), 82
pattern matching (模式匹配), 136	flaws and limitations (缺陷和限制), 84
with <code>case</code> classes (用 <code>case</code> 类), 193	overloading doesn't work in (重载无法在其中工作), 150
with tuples (用元组), 326	paste mode (粘贴模式), 71
with types (用类型), 189	require, 377
pattern, template method pattern (模式, 模板方法匹配), 245, 255	

**return**

keyword (关键字), 119

multiple values with a tuple (用一个元组返回多个值), 215

type inference for (类型推断), 201

types, parameterized (类型, 参数化的), 170

**reverse**, 85, 116

review, code (复审, 代码), 384

**Right**, 343

**S**

**Scala**

calling Scala from Java (从 Java 中调用 Scala), 399

idiomatic (地道的), 207

interpreter (解释器), 41

REPL, 41

running (运行), 41

script (脚本), 43

style guide (风格指南), 204

version number (版本号), 41

**scalac** command (**scalac** 命令), 98

ScalaDoc (ScalaDoc), 87, 225

**ScalaTest**, 101

scope, expression (作用域, 表达式), 64

script (脚本), 43

sealed keyword (**sealed** 关键字), 289, 369

semicolon (分号), 199

for statements or expressions (for 语句或表达式), 54

**Seq**, 302, 307

sequence (序列), 302

combining with **zip** (与 **zip** 组合使用), 311

**Set**, 314

**shell**

argument, repeating (参数, 重复), 20

gnome-terminal (gnome 终端), 19

history (历史), 20

operations (操作), 20

Powershell, 18

repeating a command (重复命令), 21

terminal (终端), 18

Windows, 18

short-circuiting OR (短路的 OR), 327

side effects (副作用), 78

Sieve of Eratosthenes (选筛法, 埃拉托色尼), 399

signature (签名), 253

method (方法), 148, 237

solutions (解答), 46

**Some**, 349

sorted (排序的), 116, 174

**sortWith**, 174

space, name (空间, 名字), 241

square brackets (方括号), 169

stack trace (栈轨迹), 334, 369

statement (语句), 54, 70

string (字符串)

automatic string conversion (自动字符串转换), 212

interpolation (组装), 166, 390

multiline (多行), 50

type (类型), 50

style guide (风格指南), 52, 204

subclass (子类), 229

subroutine (子例程), 74

subtypes, enumeration (子类型, 枚举), 291, 295

**Success**, 357

sugar, syntax (糖, 语法), 210, 388  
 sum (求和), 309  
 super keyword (super 关键字), 238, 254, 268  
 superclass (超类), 229  
 syntax sugar (语法糖), 210, 388

T

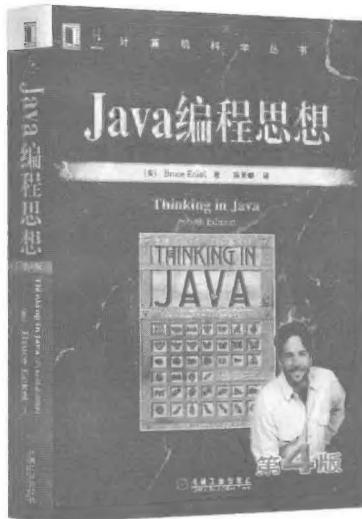
table lookup (表查询), 328  
 tagging trait (标记特征), 289  
 tail, 116  
 template method pattern (模板方法匹配), 245, 255  
 templates, Scala parameterized types (模板, Scala 参数化类型), 169  
 temporary variable (临时变量), 64  
 Test Driven Development (TDD, 测试驱动的开发), 103  
 testing (测试), 100  
 this keyword (this 关键字), 156, 220  
 throw keyword (throw 关键字), 333  
 throwing an exception (抛出异常), 77  
 to, in Range (Range 中的 to), 133  
 toSet, 316  
 toString, 212, 267  
 toVector, 340  
 trace, stack (轨迹, 栈), 334  
 trait (特征), 267, 277, 285, 295  
     keyword (关键字), 249  
     tagging (标记), 289  
     with a type parameter (带有类型参数), 292  
 transform, and Try (转换和 Try), 362  
 true, 57  
 truncation, Integer (结尾, Integer), 62  
 Try, converting exceptions (Try, 转换异常), 357  
 tuple (元组), 215  
 indexing (索引), 217  
 initialization (初始化), 218  
 pattern matching with (用来进行模式匹配), 326  
 table lookup (表查询), 328  
 unpacking (展开), 216  
 type (类型)  
     Any, 190  
     Boolean, 50  
     data (数据), 48  
     Double, 41  
     inference (推断), 49, 69  
     for return types, (针对返回类型), 201  
     Int, 50  
     keyword (关键字), 202  
     parameter (参数), 169  
         constraint (约束), 292, 295  
         with a trait (带有特征), 292  
     parameterized (参数化的), 169  
     pattern matching with types (用类型进行模式匹配), 189  
     String, 50  
     type classes (类型类), 389  
     value (值), 386

U

underscore (下划线)  
 argument (参数), 200  
 in import (在 import 中的下划线), 124  
 initialization value (初始化值), 208  
 wildcard (通配符), 137, 195, 327  
 uniform access principle (统一访问原则), 205, 257

union, disjoint (并集, 不相交), 343	141
Unit, 53, 175, 202	Vector, 114, 126, 172, 178, 183, 302,
return type (返回类型), 78	307, 338
unpacking (展开)	:+, 183
a tuple (元组), 216	version number, Scala (版本号), Scala, 41
a zip archive (zip 文档), 21	
until, in Range (在 Range 中的 until), 133	
upper bound (上界), 292	
user-defined data type (用户定义的数据类型), 81	
V	
val, 45, 69	
define values within a comprehension (在推导内定义值), 184	
overriding with def (用 def 覆盖), 257	
reference & mutability (引用和可修改性), 322	
Validation, scalaz library (Validation, scalaz 库), 367	
value type (值类型), 386	
var, 52, 69	
reference & mutability (引用和可修改性), 322	
variable argument list (可变元参数列表),	
W	
wildcard (underscore) (通配符 (下划线)), 137, 195, 327	
Windows	
classpath (类路径), 25	
command line (命令行), 18	
shell, 18	
with keyword (with 关键字), 249	
X	
XML, 383	
Y	
yield keyword (yield 关键字), 184, 352	
Z	
zero, dividing by (0, 除 0), 358	
zip, 311	
archive, unpacking (文档, 展开), 21	
combined with map (与 map 组合), 312	

## 推荐阅读



### Java编程思想 (第4版)

作者: Bruce Eckel 译者: 陈昊鹏 ISBN: 978-7-111-21382-6 定价: 108.00元

程序设计顶级专家Bruce Eckel经典名作, Jolt大奖获奖作品  
第9届Jolt生产效率大奖、第13届Jolt震撼大奖获奖图书

全球程序员必备图书, 赢得全球程序员的广泛赞誉! 本书充分考虑学者对知识由浅入深的认知过程, 严密、细致、全面地介绍了JAVA语言特性、基础语法、最高级特性(深入的面向对象概念、多线程、自动项目构建、单元测试和调试等), 是一本非常好的从入门到高级的学习书籍!



第6届Jolt生产效率大奖获奖图书,  
中文版自2000年推出以来, 经久不衰,  
获得了读者的充分肯定和高度评价

### C++编程思想 (两卷合订本)

作者: Bruce Eckel 等  
译者: 刘宗田 等  
书号: ISBN: 978-7-111-35021-7  
定价: 116.00元

### C++编程思想 (第2版) 第1卷: 标准C++导引

作者: Bruce Eckel  
译者: 刘宗田 袁兆山 潘秋菱 等  
ISBN: 978-7-111-10807-8  
定价: 59.00

### C++编程思想 第2卷: 实用编程技术

作者: Bruce Eckel, Chuck Allison  
译者: 刁成嘉 等  
ISBN: 7-111-17115-2  
定价: 59.00